




Dei
Sub Numine
Viget



Archiv
für
Protistenkunde

Begründet von

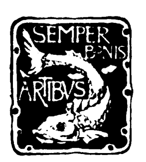
Fritz Schaudinn

herausgegeben von

Max Hartmann und **Adolf Pascher**
Berlin Prag

44. Band

Mit 86 Abbildungen im Text und 17 Tafeln



Jena
Verlag von Gustav Fischer
1922

Inhaltsübersicht.

Erstes Heft.
(Ausgegeben am 21. Dezember 1921.)

Zweites Heft.
(Ausgegeben am 27. Januar 1922.)

Besprechungen:

Drittes Heft.

(Ausgegeben am 17. März 1922.)

Abhandlungen:

Kleinere Mitteilungen:

Besprechungen:

Die komplementäre chromatische Adaptation.

Von

K. Boresch.

(Hierzu Tafel 1—3 und 7 Textfiguren.)

Inhaltsübersicht.

Einleitung.

Die Verzögerung der seinerzeit (Boresch II) in Aussicht gestellten, ausführlichen Publikation meiner Untersuchungen über das Gaidukov'sche Phänomen ist zum Teil darauf zurückzuführen, daß mir während der Kriegsjahre ein Großteil meiner Schizophyceenkulturen zugrunde ging und ich genötigt war, neue Speziesreinkulturen anzulegen, und ferner darauf, daß sich die Notwendigkeit herausstellte, vorerst eine Untersuchung der mangelhaft bekannten wasserlöslichen Schizophyceenfarbstoffe (Phykochromoproteide nach der Nomenklatur Kylins) vorzunehmen, um die Anteilnahme derselben an den als „komplementäre, chromatische Adaptation" bezeichneten Vorgängen zu verstehen. Diese Farbstoffuntersuchungen (Boresch V) wurden a. a. O. veröffentlicht und die zu denselben herangezogenen Schizophyceen sind dieselben, welche auch in der vorliegenden Arbeit auf ihr Adaptationsvermögen in verschiedenfarbigem Licht geprüft wurden. Hinsichtlich ihrer Bestimmung, ihrer Herkunft und Kultur sei daher auf die dort gemachten Angaben verwiesen.

Engelmann (I, II) deckte bekanntlich schon 1883 in seiner Arbeit „Farbe und Assimilation" den Zusammenhang zwischen der Lichtabsorption in der gefärbten Pflanze und der Assimilation auf und zog aus dieser Erkenntnis die gleichfalls genugsam bekannten Folgerungen über die Tiefenverteilung der Meeresalgen. In Verfolgung des Gedankens, daß die zur Lichtfarbe komplementäre pflanzliche Eigenfarbe für die Assimilation am vorteilhaftesten sei, veranlaßte er seinen Schüler Gaidukov nachzusehen, ob es nicht Pflanzen gäbe, welche unter der Einwirkung farbigen Lichtes zweckmäßig ihr „Chromophyll" abzuändern imstande sind. Daß Gaidukov (I, II) gerade auf die Schizophyceen griff, ist vielleicht in Zusammenhang mit den 2 Jahre vorher von seinem Landsmann Nadson (I) gemachten merkwürdigen Beobachtungen zu setzen, daß einige Arten dieser Algenklasse je nach der Wassertiefe, aus der sie stammen, verschieden gefärbt sein können. Und eine weitere glückliche Fügung war es, daß ihm gerade *Oscillatoria sancta* unter die Hände kam; denn der von ihm an dieser Alge im farbigen Licht beobachtete Farbenwechsel ist durchaus nicht an allen Schizophyceen wahrzunehmen. Seine Befunde, welche er in einer größeren Reihe von Publikationen (III—VIII) von verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachtete, haben in der Folge berechtigtes Aufsehen hervor-

gerufen und abgesehen von ihrem physiologischen Interesse mannigfaltige Anregungen auch zu ökologischen, pflanzengeographischen vererbungs- und deszendenztheoretischen Erörterungen geboten. Der auf alte Anschauungen Ørsteds zurückgreifende Versuch Engelmann's, die mit der Wassertiefe sich ändernde Lichtfarbe als ausschlaggebenden Faktor für die Tiefenverteilung der Algen zu betrachten, stieß aber besonders in der durch Gaidukov verallgemeinerten Fassung auf den berechtigten Widerspruch mehrerer Forscher, vor allem Oltmanns (II), welcher sich im Anschluß an Berthold (II), dem eine ausführliche Beschreibung der im Golf von Neapel in dieser Hinsicht herrschenden Verhältnisse zu danken ist, und auf Grund eigener Erfahrungen (I) gegen die Existenz scharf gesonderter Farbenregionen der Algen und mehr für die große Bedeutung der Lichtintensitätsunterschiede als der Lichtfarbe bei der Tiefenverteilung der Algen aussprach.

Trotz der vielen Anregungen, welche von der interessanten Tatsache der komplementären, chromatischen Adaptation ausgingen — es sei nur an Stahl's Schrift „Laubfarbe und Himmelslicht" erinnert — erfuhr diese Erscheinung selbst weiterhin keine, unsere Kenntnisse wesentlich bereichernde experimentelle Förderung mehr (Gaidukov VIII, Dangeard IV). Besonders der Mechanismus des Farbenwechsels blieb ungeklärt.

Auf der anderen Seite aber mehrten sich immer mehr die Angaben, daß die Wiederholung der Gaidukov'schen Versuche mit anderen Spaltalgen, einen von der Lichtfarbe abhängigen Farbenwechsel willkürlich herbeizuführen, nicht gelungen sei (Klingstedt, Magnus und Schindler, Heilbronn, E. Pringsheim I, Tobler), und indem Tatsachen bekannt wurden, daß die Färbung der Spaltalgen auch ernährungsphysiologischen Einflüssen unterworfen sei, wurden schließlich sogar Bedenken gegen die Richtigkeit der Gaidukov'schen Experimente laut.

In der Annahme, daß die Fähigkeit zur Umfärbung durch farbiges Licht nicht allen Schizophyceen zukommen brauche, zog ich eine größere Zahl dieser Algen in den Bereich der Untersuchung. Die erste Schizophycee, welche in dieser Hinsicht positive Ergebnisse lieferte, war ein *Phormidium*, welches ich in meiner ersten Abhandlung über diesen Gegenstand als *Phormidium foveolarum* bezeichnete, weil ich deutliche Einschnürungen der Fäden an den Scheidewänden zu sehen glaubte. Prof. Dr. N. Wille, welcher in dankenswerter Weise die Bestimmung der von mir kultivierten Schizophyceen übernahm, hat diese Alge jedoch als *Ph. laminosum*

Gom. bestimmt, und ich habe keinen Grund, mich der von einem so erfahrenen Schizophyceenkenner ausgeführten Diagnose nicht anzuschließen. Als Lagerfarbe führt Gomont für *Ph. laminosum* folgendes an: „Stratum laete aerugineum, luteolum nec non lateritium.“ Ich kultiviere die in Frage stehende Alge seit dem Jahre 1912 und stets wies sie eine olivbraune oder olivgrüne Färbung auf. Andererseits besitze ich aber spangrün gefärbte, von verschiedenen anderen Lokalitäten eingebrachte Algen, welche Prof. Wille gleichfalls als *Phormidium laminosum* Gom. diagnostiziert hat, und welche z. T. gleichfalls seit 1912 in Kultur, ihre ursprüngliche blaugrüne Farbe stets beibehielten. Auf Grund dieses Verhaltens glaube ich berechtigt zu sein, die beiden Formen als Varietäten von *Ph. laminosum* — var. *olivaceo-fusca* und var. *aeruginea* — bezeichnen zu dürfen.

Phormidium laminosum var. *olivaceo-fusca* wurde am eingehendsten auf die mit dem Gaidukov'schen Phänomen zusammenhängende Verhältnisse hin untersucht; es sollen daher zunächst die mit demselben erzielten Ergebnisse mitgeteilt und dann erst die mit anderen Arten ausgeführten Versuche besprochen werden.

Experimenteller Teil.

Bei den ersten Versuchen, in welchen die Einwirkung farbigen Lichtes auf die Färbung von Spaltalgen studiert wurde, dienten mir als Lichtfilter Senebier'sche Glocken, unter welche Agarplattenkulturen verschiedener Schizophyceen gestellt wurden. Von der Veröffentlichung dieser der ersten Orientierung dienender Versuche sei Abstand genommen. In den hier mitgeteilten Versuchsreihen benutzte ich als Lichtfilter geräumigere, aus Pappendeckel hergestellte Stürze, in deren Vorderwand die von Dr. Miethe unter dem Namen Flexoidlichtfilter für photographische Zwecke in den Handel gebrachten und zwischen 2 Glasplatten gefaßten Gelatinefolien verschiedener Farbe eingesetzt wurden. Nur für blaues Licht diente eine in einen solchen Sturz in gleicher Weise eingepaßte blaue Glasscheibe; in einem Versuch benutzte ich auch als blauen Farbfilter eine Methylenblaulösung. Unter den Stürzen konnten die Kölbchenkulturen in 2 bis 3 Etagen aufgestellt werden. — Außerdem wurden auch Versuche mit spektral zerlegtem Licht künstlicher Lichtquellen angestellt, eine Methodik, die schon früher von Gaidukov (VIII) und Dangeard (IV) gewählt wurde. Hierbei kamen Agarplattenkulturen und als Lichtquelle eine Nernstlampe zur Verwendung.

Versuche mit *Phormidium laminosum* Gom. var. *olivaceo-fusca*.

Speziesreinkulturen dieser Alge in Nährlösung wie auch auf Agarplatten zeigen im vollen Tageslicht in der Regel eine olivbraune, seltener eine olivgrüne Färbung (Taf. 1 Fig. 1a u. b). Bei eintretendem Mangel an geeigneten Stickstoffverbindungen, in unserem Falle an Nitrat, nimmt diese Alge eine gelbbraune (Taf. 1 Fig. 2) Rasenfarbe an (Boresch I). In dieser durch den N-Verbrauch bedingten chlorotischen Verfärbung, welche Gaidukov noch unbekannt war, erblickten Magnus und Schindler ein Argument, die Richtigkeit der Erklärung, welche Gaidukov und auch Dangeard ihren Versuchen gaben, anzuzweifeln, bei welchen zum Teil auch etwaige aus der Phototaxis der Schizophyceen entspringende Fehlerquellen nicht beachtet worden seien. Ich konnte mich diesem Vorgehen nicht anschließen, da mir schon zur Zeit der Veröffentlichung meiner Arbeit über die N-Chlorose der Spaltalgen die ersten Erfahrungen über die Beziehungen der Algenfarbe zur Wellenlänge des Lichtes die Resultate Gaidukov's im wesentlichen zu bestätigen schienen. Gerade die N-chlorotischen Algen zeigen, wenn man für die Erneuerung der N-Quelle (Nitrat) vorsorgt, die Farbenwandlungen bei Bestrahlung mit farbigem Licht besonders schön und fördern geradezu unsere Einsicht in das Gaidukov'sche Phänomen. Selbstverständlich wurde aber andererseits darauf Bedacht genommen, die von Magnus und Schindler angeführten, möglichen Fehlerquellen nach Tunlichkeit auszuschalten.

A. Bestrahlung mit spektral zerlegtem Licht.

Als Lichtquelle diente in all diesen Versuchen eine Nernst-Lampe. Ihr Licht weist nach Vraněk (zit. bei Sierp) im kurzwelligen Bereich eine nur wenig höhere Lichtstärke als im langwelligen auf. Im IV. Versuch (S. 9), in welchem ich die von Nothmann-Zuckerkandl beschriebene Versuchsanordnung wählte, gilt die von ihr ermittelte und kurvenmäßig dargestellte Intensitätsverteilung im Spektrum, welche im sichtbaren Bereich desselben, obwohl es sich um ein Prismenspektrum mit der stärkeren Dispersion der kurzwelligen Strahlen handelt, eine ziemlich gleichmäßige ist. Im I.—III. Versuch, wo das Licht durch eine geradsichtige Prismenkombination zerlegt wurde, dürften sich diese Verhältnisse allerdings etwas verschieben.

I. Versuch.

N-chlorotische Agarplattenkultur von gelbbrauner Farbe, welche unmittelbar vor dem Versuchsbeginn mit steriler KNO_3-Lösung durchtränkt wurde. Um ein evtl. Eintrocknen der Agargallerte zu verhüten, erhielt die Petrischale einen zwischen Schale und Deckel eingeschobenen Wattering, welcher ständig feucht gehalten wurde.

Versuchsanordnung: Der Leuchtstab einer Nernst-Lampe wurde mittels Linsen in einem Spalt und dieser auf dem Boden der vertikal gestellten Petrischalenkultur abgebildet, sodann in das Lichtbündel vor seinem Auftreffen auf die Petrischale ein Prisma à vision directe eingeschoben. Das auf dem Boden der Kulturschale so entworfene Spektrum war scharf und wie die spektroskopische Prüfung ergab sehr rein, jedoch lichtschwach. Ort: Dunkelzimmer.

19. VII. 1913 10^h Vorm. Versuchsbeginn.

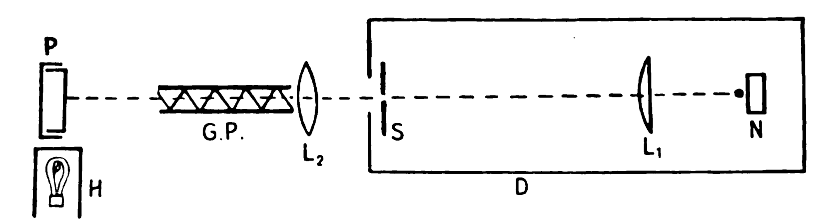
21. VII. 9^h Vorm. Im roten Spektralbereich wurde das Auftreten einer grünen Verfärbung in dem sonst gelbbraun gebliebenen Rasen festgestellt. Sie reicht einerseits bis fast an den sehr schmalen gelben Spektralbezirk heran und erscheint andererseits durch die Umgrenzungslinien des Spektrums begrenzt.

1. VIII. Der grüne Streifen hat an Intensität zugenommen, sonst aber seine scharfe Umgrenzung bewahrt, ein Beweis, daß eine phototaktische Wanderung der Fäden nicht statthatte. Im übrigen Rasen keine Farbenänderung.

II. Versuch. (Hierzu Taf. 1 Fig. 3.)

N-chlorotische Agarplattenkultur vom 21. VII. 13, ziemlich trocken, mit steriler KNO_3-Lösung angefeuchtet. Petrischale mit Wattering wie im I. Vers.

Versuchsanordnung (hierzu die folgende Skizze Textfig. 1) ähnlich wie im I. Vers., doch wurde durch Verwendung anderer Linsen



Textfig. 1.

N-Nernst-Lampe mit horizontalem Glühstab. L_1- u. L_2-Sammellinsen. S-Horizontal gestellter Spalt. G.P.-Geradsichtige Prismenkombination. P-Petrischalenkultur. H-Heizkörper (eine mit einem Blechsturz überdeckte Glühbirne), welcher die Temperatur der Kultur zwischen 16—20° C hielt. D-Dunkelsturz zur Abhaltung seitlichen Lichtes.

ein lichtstärkeres Spektrum erzielt, dessen Reinheit gleichfalls sichergestellt wurde.

Aufstellungsort: Dunkelzimmer.

12. XII. 1913 5 h Nachm. Versuchsbeginn.

15. XII. 8 h Vorm. Rasen im roten Teil des Spektrums grün gefärbt, sonst unverändert.

17. XII. 9 h Vorm. Die grüne Färbung im roten Spektralbereich verstärkt, reicht bis an den schmalen gelben Spektralbezirk. Im Grün des Spektrums tritt eine braunrote Färbung auf, welche im gelben Bezirk sich von der dort beginnenden grünen Verfärbung scharf absetzt und sich gegen das spektrale Blau allmählich verliert. Die übrigen Grenzen dieser Verfärbungen fallen mit den Rändern des Spektrums genau zusammen.

28. XII. Die Verfärbungen erscheinen verstärkt. Im Rot ist der Rasen blaugrün, im Grün rotviolett gefärbt, wie Fig. 3 Taf. 1 zeigt.

Im Blau und Violett und außerhalb des Spektrums weist die ursprüngliche gelbbraune Rasenfarbe höchstens einen schwachen grünlichen Stich auf. Die von blauem und violettem Licht bestrahlte Rasenpartie unterscheidet sich demnach in keiner Weise von den unbeleuchteten Teilen des Rasens, in welchen die Rückbildung der Farbstoffe eben nur in geringem Ausmaß statthat (Boresch I). Die Grenze zwischen dem blaugrün und dem rotviolett gewordenen Areal ist auch bei 500×Vergrößerung eine sehr scharfe, was wiederum beweist, daß eine phototaktische Bewegung der Fäden in merklicher Weise nicht stattgefunden hat. Ob ein einzelner Faden, welcher an dem einen Ende vom roten, am anderen vom grünen Licht getroffen wurde, verschieden gefärbt ist, ließ sich wegen der schwachen Färbung der Zellen in dem Gewirr der Lagerfäden nicht erkennen. Die besagte Grenze liegt wiederum in dem sehr schmalen gelben Spektralbezirk, ihre genaue Lage läßt sich aus diesem Versuch noch nicht ermitteln.

III. Versuch. (Hierzu Taf. 1 Fig. 4.)

Agarplattenkultur vom 27. XII. 1913 von normaler, olivbrauner Färbung. Trotzdem erhielt sie einen Zusatz verdünnter Salpeterlösung, um eine etwa während des Versuches eintretende N-Chlorose auszuschließen. Petrischale mit Wattering wie im I. Vers. Aufstellungsort: Dunkelzimmer.

Versuchsanordnung dieselbe wie im II. Vers.

10. II. 1914 5 h Nachm. Versuchsbeginn.

12. II. 9 h Vorm. In dem vom Spektrum beleuchteten Rechteck ist an den Rändern derselben und besonders im Rot eine starke

phototaktische Ansammlung zu bemerken; sie rührt von der Einwanderung der Fäden aus den unbeleuchteten, nunmehr fast entblößten Teilen der Kultur in das Spektrum her.

13. II. 9 h Vorm. Phototaktische Ansammlung wie am Vortag, etwas verstärkt.

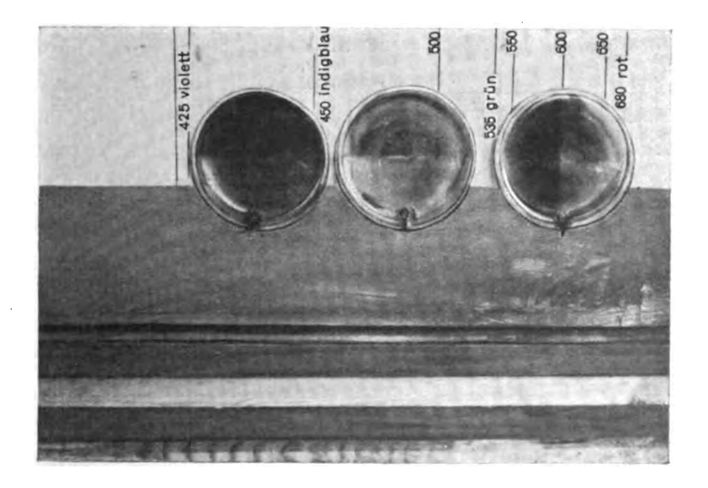
6 h Nachm. Aus äußeren Gründen wurde der Versuch unterbrochen. Für kurze Zeit ans Tageslicht gebracht, zeigt die Kultur trotz der Kürze der Versuchsdauer und trotz der phototaktischen Wanderung der Fäden, die aber schon zum Stillstand gekommen zu sein scheint, deutliche Umfärbungen in der schon aus dem II. Vers bekannten Art. Die im spektralen Rot dicht angesammelten Fäden sind bis zum Gelb blaugrün gefärbt, im Grün trat, scharf von dem ergrünten Rasen geschieden, eine rötliche, gegen Blau allmählich verschwindende Färbung auf. Die Kultur wurde im Dunkeln bei niederer Temperatur gehalten und änderte nicht ihr Aussehen. Erst am 15. III. wurde sie neuerlich der Einwirkung des Spektrums ausgesetzt, wobei selbstverständlich auf genaueste Einstellung geachtet wurde, nun bis zum 20. III. beleuchtet. Die schon am 13. II. beobachteten Umfärbungen sind noch deutlicher, im Gelb liegt abermals die Grenze, an welcher einerseits der blaugrün, andererseits der rotviolett gewordene Rasenteil zusammenstößt, und ist sehr scharf. Der vom blauen und violetten Licht bestrahlte Rasen zeigt abgesehen von der am Rand zu beobachteten Verstärkung der ursprünglichen Färbung infolge phototaktischer Einwanderung ansonsten denselben Farbenton, den die Alge zu Beginn des Versuches besaß. (Fig. 4 Taf. 1.)

Die Wiederholung dieses Versuches mit Zwischenschaltung einer 7,5 cm dicken Wasserkammer zwecks Schwächung der ultraroten Strahlen zeitigte dasselbe Resultat.

IV. Versuch.

Derselbe sollte vor allem über die genaue Lage der Grenze der in den vorangegangenen Versuchen beobachteten grünen und violetten Verfärbung Aufschluß geben. Um das Verhalten von normalgefärbten und N-chlorotischen Rasen gleichzeitig untersuchen zu können, wurde aus den drei zu dem Versuch benötigten Petrischalenkulturen von gewöhnlicher olivgrüner Färbung die eine Hälfte der Agarscheibe entfernt und durch aus 3 N-chlorotischen, gelbbraunen Agarplattenkulturen herausgeschnittene Hälften ersetzt. Die Rasen wurden vor dem Versuch mit KNO_3 durchtränkt, alle Petrischalen erhielten einen Wattering wie im I. Versuch.

Versuchsanordnung in engster Anlehnung an die von Nothmann-Zuckerkandl im hiesigen Institute verwendete Methode, welche die Erzeugung eines langen und doch lichtstarken Spektrums gewährleistet. Als Lichtquelle dient eine einfädige Nernst-lampe, wodurch die Benützung eines Spaltes sich erübrigt. Durch eine Sammellinse wird das Bild des Leuchtstabes in der Ebene des Spektrums abgebildet und das Licht durch 2 für das äußerste Rot auf das Minimum der Ablenkung gestellte Schwefelkohlenprismen zerlegt. Nernst-Lampe, Kollektor und das die Prismen tragende Tischchen sind auf einer optischen Bank montiert, das Nebenlicht wird durch entsprechend aufgestellte Schirme vom Spektrum abgehalten. Wie man aus Abb. 2 p. 310 der zitierten Arbeit von Nothmann-Zuckerkandl ersieht, weist die Energieverteilung im sichtbaren Bereich des Spektrums keine großen Unterschiede auf, das Minimum der Lichtintensität liegt im Blaugrün. Das Spektrum hatte eine ungefähre Länge von 45 cm, so daß die 3 Petrischalenkulturen, auf einem geeigneten Holzgestell (s. Textfig. 2) fixiert, bequem darinnen untergebracht



Textfig. 2. Versuchsanordnung des IV. Versuches.

werden konnten. Das Spektrum wurde auf einem vertikal aufgestellten weißen Karton scharf entworfen und folgendermaßen geeicht. In gewissen Abständen wurden aus dem Karton vertikale Spalte, von 30 mm Höhe und 1 mm Breite herausgeschnitten und für die von diesen Öffnungen durchgelassenen Wellenlängenbezirken die mittleren Wellenlängen spektroskopisch ermittelt. Auf Grund dieser Fixpunkte wurde auf dem Karton die Wellenlängenskala aufgetragen.

Der Abstand von λ 650 — λ 420 betrug 33 cm. Das früher erwähnte Gestell mit den 3 Petrischalen, in welchen oben der normal gefärbte, olivgrüne Rasen, unten der N-chlorotische gelbbraune Rasen zu liegen kam, wurde nun an den Karton mit der Wellenlängenskala so herangeschoben, daß der Boden der Petrischalen denselben unmittelbar berührte. Auf die in der 1. Petrischale (in der Textfig. 2 rechts) befindlichen Rasen fiel der Spektralbereich von λ 680 (rot) — λ 540 (grün), auf die der 2. Schale der Bereich von λ 520 (blaugrün) — λ 460 (indigblau), auf die der 3. Schale der Bereich von λ 450 (indigblau) — λ 425 (violett). Um sicher zu gehen, daß während der Versuchsdauer keine Verschiebungen stattgefunden haben, erhielten die Böden (Rückseiten) der Petrischalen mit den spaltförmigen Ausschnitten des Kartons koinzidierende Tuschemarken.

Aufstellungsort: Dunkelzimmer. Die Temperatur schwankte während der Versuchsdauer zwischen 20 und 27° C.

19. VIII. 1919 $10^{30\,h}$ Vorm. Versuchsbeginn.

20. VIII. $8^{30\,h}$ Vorm. Im N-chlorotischen Rasen der 1. Schale rechts von λ 595 im Rot leichte Grünfärbung, sonst keine Veränderung.

21. VIII. $8^{30\,h}$ Vorm. Im N-chlorotischen sieht man außer dieser Grünfärbung links von λ 595 im Grün eine hellbräunliche Verfärbung auftreten. In den übrigen Schalen keine merklichen Veränderungen der Rasenfarbe.

22. VIII. Die genannten Umfärbungen im N-chlorotischen Rasen haben sich verstärkt.

23. VIII. N-chlorotischer Rasen: Die Grenze zwischen den beiden nunmehr deutlichen Umfärbungen liegt bei λ 595, rechts davon ist der Rasen grün gefärbt, links davon rötlichbraun. Der rötlich braune Ton reicht bis etwa λ 500 in die 2. Petrischale hinüber.

Normalgefärbter Rasen: Auch in diesem ist nunmehr eine lebhaft blaugrüne Verfärbung im Rot bis λ 595 konstatierbar, links von dieser Grenze im Grün hat der bisher olivgrüne Rasen eine dem Olivbraun sich nähernde Nuance angenommen.

26. VIII. Die Grenze zwischen den beiden Umfärbungen bei λ 595 ist scharf ausgebildet und ist auch in Textfig. 2 erkennbar. Die blaugrüne Färbung im Rot läßt sich von hier bis fast an das Ende des Rasens, bis etwa λ 680 verfolgen, der rötlichbraune bzw. olivfarbene Ton im Grün links von λ 595 ist besonders zwischen λ 595 — λ 565 deutlich über λ 565 hinaus nimmt die Umfärbung an Deutlichkeit ab, dürfte aber bis λ 500 reichen.

31. VIII. Besonders im N-chlorotischen Rasen sieht man deutlich die rötlichbraune Verfärbung bis λ 500 sich erstrecken.

4. IX. Die olivbraune Färbung des normalen Rasens links von 595 im Grün hat nunmehr auch einen rötlichen Ton angenommen. Versuchsende.

Ergebnis: Die roten und orangeroten Strahlen bis λ 595 bewirkten eine blaugrüne Verfärbung sowohl des N-chlorotischen gelbbraunen Rasens, als auch des normalen, olivgrün gefärbten. Das etwas spätere Auftreten dieser Farbenwandlung im letzteren dürfte sich daraus erklären, daß solche Farbenänderungen in dem dunkelolivgrünen Rasen schwieriger zu erkennen sind als in dem hellgelbbraun gefärbten. Die grünen Strahlen von λ 595 abwärts bis etwa λ 500 bedingen die Umfärbung beider Rasen nach einem rötlichen Ton. Den blauen und violetten Strahlen kommt unter den gegebenen Versuchsbedingungen keine Wirksamkeit zu; die von denselben bestrahlten Rasenteile blieben so wie zu Beginn des Versuches gefärbt und hatten dieselbe Farbe, wie sie eine mit KNO_3 versetzte, aber während der ganzen Versuchsdauer im Dunkeln gehaltene Kultur aufwies.

Die Ergebnisse der Versuche I—IV mit spektral zerlegtem Licht einer Nernst-Lampe zusammenfassend läßt sich sagen, daß rotes und orangerotes Licht bis λ 595 eine schon nach wenigen Tagen erkennbare Umfärbung N-chlorotischer, wie auch normal gefärbter Rasen nach Blaugrün, grünes Licht von λ 595 bis ungefähr λ 500 eine solche nach Violett oder einem sonstigen rötlichen Farbenton bewirkt. Die blauen und violetten Strahlen von der gebotenen Stärke sind ohne Einfluß auf die Färbung des Phormidium. (Betreffs dieser Strahlen siehe auch S. 23 u. 41).

B. Versuche mit farbigen Lichtfiltern.

Petrischalenkulturen reichen nicht aus, um die bei dem in Frage kommenden Farbenwechsel auftretenden Farbstoffe zu studieren. Um für die Farbstoffanalyse ausreichendes Material zu erhalten, wurden Kölbchenkulturen unter den S. 4 erwähnten Strahlenfiltern der Einwirkung solcher Art „filtrierten“ Tageslichtes ausgesetzt. Für volles diffuses Tageslicht diente ein in ähnlicher Weise mit einer Milchglasscheibe versehener Sturz.

Die spektroskopische Prüfung der verwendeten Strahlenfilter ergab ihre Lichtdurchlässigkeit für folgende Wellenlängen:

Rote Folie: λ 670 — 630 (nur Rot).

Orangerote Folie[1]: λ 670 — 550 (Rot, Orange, Gelb und Anfang des Grün).

Gelbe Folie: λ 670 — 510 (Rot, Orange, Gelb und fast das ganze Grün).

Blaues Glas: λ 565 — 400, wenig λ 690 — 660 (wenig Rot, viel Grün, zur Gänze Blau und Violett).

Wie man aus diesen Angaben ersieht, sind die Lichtfilter — ausgenommen die rote Folie — durchaus nicht monochromatisch, besonders das blaue Glas steht in dieser Beziehung sehr nach. Für die obgenannten Zwecke genügt aber, wie sich herausstellte, die Vorherrschaft einer Strahlengattung, um die erwünschten Umfärbungen zu erhalten. Die Wirksamkeit der einzelnen Wellenlängen haben ja schon die vorangegangenen Versuche ergeben.

Die Intensität der von den Filtern durchgelassenen Energie wurde mit einer Rubens'schen Thermosäule gemessen. Zu diesem Behufe wurden die Lichtfilterstürze über die in der Nähe des Fensters fix aufgestellte Thermosäule gestülpt, worauf die Ausschläge des Galvanometers abgelesen wurden. Auf die Stürze fiel diffuses Tageslicht, die Messung erfolgte an einem Julitage mit wolkenlosem Himmel, die einzelnen Messungen folgten rasch aufeinander, so daß sich während dieser Zeit die Lichtintensität nicht änderte, was auch die zwischendurch abgelesenen, fast gleichen Galvanometerausschläge bei unbedeckter Thermosäule anzeigen. Die Energie der auffallenden Strahlung kann bekanntlich in genügender Annäherung der abgelesenen Anzahl Skalenteile proportional gesetzt werden.

Tabelle 1.

	Galvanometerausschläge	Menge der durchgelassenen Strahlung in Proz. der auf die unbedeckte Thermosäule fallenden (= 100)
Unbedeckte Thermosäule	79	—
Gelbe Folie	52	65,8
Unbedeckte Thermosäule	78,5	—
Orangerote Folie	31	39,4
Unbedeckte Thermosäule	78,5	—
Rote Folie	25	32,5
Unbedeckte Thermosäule	76	—
Blaues Glas	29	37,4
Unbedeckte Thermosäule	79	—
Milchglas	44	56
Unbedeckte Thermosäule	78	—

[1]) Ursprünglich ein brauner Flexoidfilter, welcher jedoch unter der Einwirkung des Sonnenlichtes eine orangerote Färbung angenommen hatte.

Außer den sichtbaren Lichtstrahlen, fallen auf die Thermosäule auch ultraviolette und infrarote Strahlen. Besonders den Wärmestrahlen kommt ein bedeutender Anteil an den Ausschlägen zu, wie die folgende an einem anderen Tag ausgeführte Messung zeigt, bei welcher die ultrarote Strahlung durch Vorschaltung einer 7,5 cm dicken Wasserschichte zwar nicht gänzlich ausgeschaltet, wohl aber stark geschwächt wurde.

Tabelle 2.

	Galvanometerausschläge	Menge der durchgelassenen Strahlung in Proz. der auf die unbedeckte Thermosäule fallenden (= 100)
Unbedeckte Thermosäule	48	100
Wasserkammer + blaues Glas	11	22,9
„ + rote Folie	7,5	15,6
„ + gelbe Folie	20	41,7
„ + Milchglas	17	35,4
„ + orangerote Folie	10	20,8

Das Verhältnis der aus Tab. 1 ersichtlichen, von den Lichtfiltern allein durchgelassenen Energiemengen zu den in Tab. 2 von denselben bei Vorschaltung der Wasserkammer durchgelassenen prozentischen Strahlungsmengen beträgt für die rote Folie — 2,1, die orangerote Folie — 1,9, die gelbe Folie — 1,7, das blaue Glas — 1,6, das Milchglas — 1,6. Wie man aus diesen Werten ersieht, wird durch Vorschaltung einer Wasserschicht der angegebenen Dicke die Strahlung besonders stark bei der roten und orangeroten Folie, bei den übrigen Lichtfiltern weniger und in ungefähr gleichem Maße geschwächt. Das spricht für eine größere Durchlässigkeit der erstgenannten Folien für thermische Strahlen.[1])

Die mit den Kölbchenkulturen beschickten Stürze wurden dicht an ein Fenster des Laboratoriums gestellt und vor allzu starker Besonnung durch Papierschirme oder Vorhänge geschützt. Dennoch kam es bisweilen vor, daß bei langer Versuchsdauer besonders im Hochsommer in einzelnen Kölbchen schädigende Wirkungen des Sonnenlichtes sich einstellten, worauf bei den nun folgenden Versuchen in jedem einzelnen Falle aufmerksam zu machen sein wird; diese Schädigung verrät sich in einem weitgehenden Ausblassen der Rasenfärbung.

Auch für die Lichtfilterversuche kamen sowohl N-chlorotische

[1]) In meiner ersten Abhandlung (Boresch II) über die Einwirkung farbigen Lichtes auf Cyanophyceen ist (p. 37) an Stelle des irrtümlich aufgenommenen Passus „bedeutende Annäherung der roten Folie an das blaue Glas“ zu setzen: „merkliche Entfernung der roten Folie vom blauen Glas“.

Kölbchenkulturen von gelbbrauner Farbe, als auch normal olivgrün bis olivbraun gefärbte Kulturen zur Verwendung. Den für die ersteren selbstverständlichen Nitratzusatz erhielten auch die nicht chlorotischen Kulturen, um einem bei der langen Versuchsdauer immerhin möglichen N-Mangel zu begegnen. Alle Kölbchenkulturen besaßen annähernd die gleiche Menge Nährlösung, ca 50 ccm, und jedes Kölbchen erhielt unmittelbar vor Beginn des Versuches einen Zusatz von 5 ccm 0,1 m $NaNO_3$- oder KNO_3-Lösung.

In den nun folgenden Tabellen ist die hinter den verschiedenen Lichtfiltern nach bestimmter Zeit erlangte Rasenfarbe angegeben, welche Angaben überdies durch die Farbproben auf Tafel 1 und 2 ergänzt werden.

V. Versuch. (Hierzu Taf. 1 Fig. 5.)

N-chlorotische Kölbchenkulturen von gelbbrauner Farbe. Nitratzusatz. Aufstellungsort: Südfenster. 19. VII. 1913 Versuchsbeginn.

Tabelle 3.

Datum	Milchglas	Rote Folie	Orangerote Folie	Gelbe Folie	Blaues Glas
21. VII. 1913	olivbraun	hellolivbraun	hellolivgrün	hellolivbraun	hellolivbraun
25. VII. 1913	olivbraun	hellblaugrün	hellblaugrün	hellolivbraun	hellolivbraun mit violetter Tönung
1. VIII. 1913	olivbraun	lebhaft blaugrün	lebhaft blaugrün	olivbraun	braunviolett
17. IX. 1913	hellolivbraun geschädigt	intensiv blaugrün	intensiv blaugrün	dunkelolivbraun	dunkelbraunviolett

VI. Versuch. (Hierzu Taf. 1 Fig. 6.)

N-chlorotische Kölbchenkulturen von gelbbrauner Farbe. Nitratzusatz. Aufstellungsort: Südfenster. 17. IX. 1913 Versuchsbeginn.

Tabelle 4.

Datum	Milchglas	Rote Folie	Orangerote Folie	Gelbe Folie	Blaues Glas
1. X. 1913	hellgrünlichbraun	hellgrün	hellgrün	hellsaftgrün	hellolivbraun
22. X. 1913	olivbraun bis olivgrün	lebhaft grün, fast blaugrün	lebhaft grün, fast blaugrün	saftgrün	olivbraun teilweise violettstichig
1. XI. 1913	intensiv olivgrün mit bräunl. Stich	blaugrün	blaugrün	olivstichig grün	olivbraun, teilweise braunviolett
24. IV. 1914	olivgrün	intensiv blaugrün	intensiv blaugrün	olivgrün, geschädigt	olivgrün, teilweise braunviolett

VII. Versuch. (Hierzu Taf. I Fig. 7.)

Normalgefärbte Kölbchenkulturen von olivbrauner, zum Teil mehr olivgrüner Farbe. Nitratzusatz. Aufstellungsort: Süd-, später Westfenster. 17. IX. 1913 Versuchsbeginn.

Tabelle 5.

Datum	Milchglas	Rote Folie	Orangerote Folie	Gelbe Folie	Blaues Glas
1. X. 1913	olivgrün	olivbraun bis olivgrün	olivgrün	olivbraun mit grünl. Stich	olivbraun, stellenweise violettstichig
22. X. 1913	olivgrün	olivbraun bis olivgrün	lebhaft grün, fast blaugrün	oliv	olivbraun, stellenweise braunviolett
1. XI. 1913	olivgrün	blaugrün	intensiv blaugrün	olivgrün	braunviolett
24. IV. 1914	olivgrün	blaugrün	blaugrün	hell olivgrün, geschädigt	braunviolett

VIII. Versuch.

Normalgefärbte Kölbchenkulturen von dunkelsepiabrauner Farbe. Nitratzusatz. Aufstellungsort: Anfangs West-, später Südfenster. 13. III. 1920 Versuchsbeginn.

Tabelle 6.

Datum	Rote Folie	Blaues Glas
4. IV. 1920	lebhaft blaugrün	sepiabraun
5. V. 1920	blaugrün	olivgrün bis olivbraun

IX. Versuch.

Normalgefärbte Kölbchen von olivgrüner Farbe. Da es sich um junge Kulturen handelte, wurde von einem Nitratzusatz abgesehen. Aufstellungsort: Südfenster. 13. IX. 1920 Versuchsbeginn.

Tabelle 7.

Datum	Rote Folie	Blaues Glas	Volles Tageslicht
3. X. 1920	blaugrün	olivbraun	olivbraun
28. X. 1920	intensiv blaugrün	vorherrschend braunviolett	olivbraun

Die mit farbigen Lichtfiltern und Kölbchenkulturen vorgenommenen Versuche V—IX lieferten Ergebnisse, welche sich sehr

gut in die Resultate der mit Agarplattenkulturen und spektral zerlegtem Licht angestellten Versuche einordnen.

Zusammengefaßt ergibt sich folgendes: Hinter der roten und orangeroten Folie, welche beide vornehmlich die roten und orangeroten Strahlen hindurchtreten lassen, stellt sich die zu erwartende Blaugrünfärbung der Rasen ein. Hinter blauem Glas, welches auch die grünen Lichtstrahlen reichlich hindurchläßt, so daß daraus nicht auf eine spezifische Wirkung der blauen Strahlen geschlossen werden darf, ergeben sich + violette Tönungen der Rasen wie im spektralen Grün. Hinter der gelben Folie, welche außerdem auch rot- und gründurchlässig ist, entstehen Färbungen, welche mit denen im vollen Tageslicht so gut wie identisch sind. Normal gefärbte, wie auch infolge N-Mangels gelbbraun gewordene Kulturen nehmen bei Darreichung von Nitrat unter dem Einfluß der verschiedenen Lichtarten dieselbe Verfärbung an.

Bei günstigen Beleuchtungsverhältnissen machen sich die ersten Anfänge einer Umfärbung auch an Kölbchenkulturen schon nach wenigen Tagen bemerkbar. Die im roten Licht eintretende Verfärbung nach Blaugrün erfolgt rascher und ausgesprochener als die Bildung violetter Rasentönungen hinter blauem Glas.

C. Einwirkung stark geschwächten vollen Tageslichtes.

Daß für den Farbenwechsel im Licht verschiedener Wellenlänge die Lichtgattung allein und nicht etwa die Lichtintensität maßgebend ist, das beweist der IV. Versuch, wo abgesehen von der ohnehin ziemlich gleichmäßigen Intensitätsverteilung im Spektrum der Nernst-Lampe, in dem engen Spektralbereich in unmittelbarer Nachbarschaft zu beiden Seiten der Linie λ 595, wo die gegensätzlichen Umfärbungen scharf aneinanderstoßen, von nennenswerten Intensitätsunterschieden doch nicht die Rede sein kann.

Immerhin erscheint die Frage nicht überflüssig, ob eine starke Verminderung der Lichtintensität nicht ähnliche Färbungsunterschiede wie Strahlen verschiedener Wellenlänge herbeiführen könnte. Zu solchen Versuchen wurden ähnliche Stürze wie für die erwähnten farbigen Lichtfilter verwendet, das Tageslicht durch 4 bzw. 12 Lagen weißen, zwischen Glasplatten gefaßten Seidenpapiers abgeschwächt. Nach thermoelektrischen Messungen ließ das 4-fache Seidenpapier 0,8, das 12 fache 0,4 Proz. des diffusen Tageslichtes

durch. Die Schwächung des Tageslichtes unter diesen Stürzen ist also sehr bedeutend. Zum Vergleich wurden Kölbchenkulturen dem vollen, diffusen Tageslicht, wie auch dem durch eine Methylenblaulösung filtrierten Tageslicht ausgesetzt.

X. Versuch. (Hierzu Taf. 2 Fig 8.)

N-chlorotische Kölbchenkulturen von gelbbrauner Farbe. Nitratzusatz. Ein Kontrollekölbchen blieb ohne Nitratzugabe. Aufstellungsort: Westfenster. 15. XII. 1913 Versuchsbeginn.

Tabelle 8.

Datum	Volles diffuses Tageslicht	4 mal Seidenpapier	12 mal Seidenpapier	Methylenblau	Kontrolle ohne Nitratzusatz
22. XII. 1913	intensiv olivgrün	olivgrün	hellolivgrün	gelbbraun	gelbbraun
22. III. 1914	olivbraun	intensiv olivgrün	hellolivgrün	orangerot mit violettem Schimmer	gelbbraun
16. IV. 1914	olivbraun	intensiv olivgrün	hellolivgrün	braunrot violettstichig	gelbbraun

Die im geschwächten Tageslicht stehenden Kulturen nehmen also einen olivgrünen Farbenton an, welchen diese Alge aber normalerweise auch im vollen Tageslicht neben der olivbraunen Färbung ausbildet. Die spektroskopische Untersuchung der wässrigen Farbstoffauszüge aus diesen Rasen förderte kein Argument zutage, welches zugunsten einer Verschiedenheit ihrer Farbstoffe von den im vollen Tageslicht entstehenden sprechen würde. (Siehe S. 34.) Geschwächtes Tageslicht vermag also keinen dem im farbigen Lichte auftretenden ähnlichen Farbwechsel hervorzurufen, andererseits aber haben auch die von Nadson (II) und Harder durch intensives Licht bewirkten Umfärbungen blaugrüner Spaltalgen nach braunen und gelben Farbtönen mit einem solchen nichts zu tun, worauf noch zurückzukommen sein wird.

Auf die Veröffentlichung von Kulturversuchen bei verschiedenen Temperaturen, durch welche ein eventueller Einfluß der Temperatur auf die Färbung unseres Phormidiums ermittelt werden sollte, darf verzichtet werden, weil sich dabei keine Unterschiede in der Lagerfärbung herausstellten. Bei dauernder Einwirkung einer Temperatur zwischen 33 und 34° C ging die Alge langsam zugrunde, und ihre ursprünglich satte Färbung verblaßte dabei allmählich, wie es auch Hartmann an *Oscillatoria princeps* beobachtet hat. Der von Stahl

erwähnte Farbenwechsel eines braunen *Batrachospermum* nach Hellrotviolett dürfte gleichfalls in diese Kategorie von Erscheinungen einzubeziehen sein.

Versuche mit anderen Schizophyceen.

Mit spektral zerlegtem Licht einer Nernstlampe habe ich nur *Phormidium Retzii* var. *nigro-violacea* auf sein Umfärbungsvermögen — und zwar mit negativem Ergebnis geprüft (Boresch III). In allen anderen Fällen wurden zu diesem Behufe ausschließlich Lichtfilter verwendet, und von diesem auch nur die rote Folie und das blaue Glas, hinter welchen ja nach den Erfahrungen an *Phormidium laminosum* var. *olivaceo-fusca* die Fähigkeit der betreffenden Art zu komplementärer chromatischer Adaptation sich äußern mußte. Indem ich die Mitteilung älterer negativer Versuche aus dem Jahre 1911/2 verschiebe (S. 21), teile ich zunächst die im verflossenen Jahre mit positivem Ergebnis ausgeführten Experimente mit. Unmittelbar vor Versuchsbeginn erhielten auch hier die Kölbchenkulturen den üblichen Nitratzusatz zur Vermeidung eventueller N-Chlorose.

Bis zu meiner ersten Publikation über die Farbenadaptation der Schizophyceen war mir unter 11 daraufhin untersuchten Formen, von denen sich später allerdings einige als identische Arten herausstellten, nur das *Phormidium laminosum* var. *olivaceo-fusca* als einzige die Gaidukov'schen Angaben bestätigende Alge bekannt geworden. Im weitern Verlaufe der Untersuchung begegneten mir noch 3 Arten, welche dieselben oder ähnliche Rasenverfärbungen unter der Einwirkung verschiedenfarbigen Lichtes sicher aufweisen, nämlich *Phormidium luridum* (Kg.) Gom. var. *fusca*, *Microchaete tenera* Thur. (?) und *Microchaete calotrichoides* Hansg. (?). Dem *Phormidium luridum* (Kg.) Gom var. *violacea* kommt dieses Vermögen nicht sicher zu.

Microchaete tenera Thur. (?)

XI. Versuch. (Hierzu Taf. 2 Fig. 9.)

Normale Kölbchenkulturen von bräunlich olivgrüner Farbe. Nitratzusatz. Aufstellungsort: Südfenster 18. VI. 1920 Versuchsbeginn.

Tabelle 9.

Datum	Rote Folie	Blaues Glas
26. VI. 1920	grün	olivbraun
19. VII. 1920	intensiv grün	schwärzlich-olivbraun
30. VII. 1920	intensiv blaugrün	dunkel-sepiafarben

XII. Versuch.

Normale Kölbchenkulturen von olivgrüner Farbe. Nitratzusatz. Aufstellungsort: Südfenster. 13. IX. 1920 Versuchsbeginn.

Tabelle 10.

Datum	Rote Folie	Blaues Glas
3. X. 1920	intensiv blaugrün	olivgrün
28. X. 1920	intensiv blaugrün	olivbraun, stellenweise olivgrün
26. XII. 1920	intensiv blaugrün	olivbraun, stellenweise olivgrün

Microchaete calotrichoides Hansg. (?).

XIII. Versuch. (Hierzu Taf. 2 Fig. 10.)

Normale Kölbchenkulturen von schwärzlich olivgrüner Farbe. Nitratzusatz. Aufstellungsort: Südfenster. 18. VI. 1920 Versuchsbeginn.

Tabelle 11.

Datum	Rote Folie	Blaues Glas
6. VII. 1920	schwärzlich blaugrün	sehr dunkelolivgrün
19. VII. 1920	schwärzlich blaugrün	sehr dunkelolivgrün, am Rande violett
1. X. 1920	schwärzlich blaugrün	sehr dunkelolivgrün, am Rande violett

XIV. Versuch.

Normale Kölbchenkulturen von schwärzlich olivgrüner Farbe. Nitratzusatz. Aufstellungort: Südfenster. 8. X. 1920 Versuchsbeginn.

Tabelle 12.

Datum	Rote Folie	Blaues Glas
28. X. 1920	schwärzlich olivgrün	schwärzlich graugrün
26. XII. 1920	lebhaft blaugrün	schwärzlich olivgrün

XV. Versuch.

Normale Kölbchenkulturen von schwarzgrüner Farbe. Nitratzusatz. Aufstellungsort: Südfenster. 13. IX. 1920 Versuchsbeginn.

Tabelle 13.

Datum	Rote Folie	Blaues Glas
3. X. 1920	blaugrün	olivgrün
28. X. 1920	intensiv blaugrün	olivgrün mit violettem Schimmer
26. XII. 1920	intensiv blaugrün	olivgrün mit violettem Schimmer

Phormidium luridum (Kg.) Gom. var. *fusca*.

XVI. Versuch. (Hierzu Taf. 2 Fig. 11.)

Normale Kölbchenkulturen von hellolivbrauner Farbe. Nitratzusatz. Aufstellungsort: Südfenster. 18. VI. 1920 Versuchsbeginn.

Tabelle 14.

Datum	Rote Folie	Blaues Glas
26. VI. 1920	blaugrünlich	olivbraun
17. VII. 1920	blaugrün	braunviolett
30. VII. 1920	intensiv blaugrün	braunviolett

Überblickt man die Versuche X—XV, so sieht man, daß die beobachteten Lagerverfärbungen mit den an *Phormidium laminosum* var. *olivaceo-fusca* gemachten Befunden recht gut übereinstimmen. Im roten Licht werden die Algen blaugrün, hinter blauem Glas walten olivbraune Tönungen vor, welche ± nach Violett hinüberspielen.

Phormidium luridum (Kg.) Gom. var. *violacea*, welches in mehrfachen Versuchen der Einwirkung des roten und blauen Lichtes ausgesetzt wurde, behielt hinter blauem Glas stets seine braunviolette Färbung, welche es auch im vollen Tageslichte besitzt, bei; hinter der roten Folie wurde es nach verschieden langer Zeit hellblaugrün; wenn es sich auch in diesem Zustande am Leben behauptet, macht es doch einen geschädigten Eindruck, ohne daß ich sagen kann, wodurch diese Schädigung hervorgerufen wird. Überdies tritt dieselbe hellblaugrüne Färbung auch in älteren, dem vollen diffusen Tageslicht ausgesetzten Kulturen auf, so daß die hinter dem roten Lichtfilter beobachtete Farbenänderung nicht sicher auf Rechnung der vorherrschenden Lichtgattung gesetzt werden kann.

Die weit überwiegende Mehrzahl der geprüften Schizophyceen zeigt aber kein Adaptationsvermögen, und das ist eben der Grund dafür, daß die Gaidukov'schen Angaben solange unbestätigt blieben.

Die folgende Liste enthält die Namen dieser Spaltalgen, welche hinter dem roten und blauen Lichtfilter ihre ihnen auch im vollen Tageslicht zukommende Rasenfarbe behaupten; die daneben gesetzten Daten bezeichnen die Versuchsdauer, während welcher die Algen unter dem Einfluße farbigen Lichtes standen.

Die sich nicht adaptierenden Schizophyceen eigener Versuche.

Oscillatoria brevis Kg. }
„ *tenuis* Ag. } XII. 1911—V. 1912.
„ *amphibia* Ag. }
amoena (Kg.) Gom. 3. VIII.—3. X. und 8. X.—26. XII. 20.
Phormidium Corium Gom. XII. 1911—V. 1912.
„ *laminosum* Gom. var. *aeruginea* 13.III.—5.V., 21.XI.—26.XII. und 21. XI.—26. XII. 20.
„ *autumnale* (Ag.) Schmidt var. *olivacea* 19. V.—18. VI., 3. VIII.—3. X., 13. IX.—26. XII., 3. VIII.—3. X., 8. X.—26. XII. 20.
„ *favosum* (Bory) Gom. 18. VI.—17. VII., 8. X.—26. XII., 13. IX.—26. XII. 20.
„ *subfuscum* Kg., 26. VIII.—3. X., 8. X.—26. XII. 20.
„ *Retzii* (Ag.) Gom. var. *nigro-violacea* Wille.
Lyngbya aerugineo-caerulea (Kg.) Gom. 3. VIII.—3. X. 20.
„ spec. 26. VIII.—3. X. 20.
Anabaena spec. 13. III.—5. V. 20.

Die von anderen Autoren in derselben Richtung vergeblich untersuchten Arten sind folgende:

Oscillatoria curviceps }
Phormidium autumnale } Klingstedt 1909.
Oscillatoria formosa }
„ *limosa* } Schindler 1913.
Phormidium autumnale }
Oscillatoria brevis }
„ *tenuis* } Pringsheim E. 1914.
Nostoc spec. }

Im ganzen sind es 16 Arten, bei welchen kein Adaptationsvermögen festgestellt werden konnte.

Andererseits kommt folgenden Schizophyceen das Vermögen zu, ihre Farbe mit der des auf sie einstrahlenden Lichtes zu ändern:

Phormidium laminosum Gom. var. *olivaceo-fusca.*
„ *luridum* (Kg.) Gom. var. *fusca.*
Microchaete tenera Thur. (?)
„ *calotrichoides* Hansg. (?)
? *Phormidium luridum* (Kg.) Gom. var. *violacea.*

Oscillatoria sancta ist nach meiner Meinung auf Grund der Mitteilungen Gaidukovs, trotzdem seine Versuche angreifbar sind und einzelne derselben sehr wahrscheinlich anders gedeutet werden müssen (Schindler), gleichfalls sicher diesen Formen zuzuzählen. Hingegen erscheint mir dies für *Phormidium tenue* (Gaidukov VIII), welches nach 10 stündiger Belichtung mit dem Spektrum einer intensiven Lichtquelle im Rot seine blaugüne Farbe behauptete und im Grün bis zum Violett eine braungelbe Färbung annahm, nicht festzustehen. Der von Dangeard (IV) in ähnlicher Weise geprüften *Lyngbya versicolor* (?), welche im Rot ihre gewöhnliche orangerote Färbung gegen eine grüne vertauschte, scheint aber m. E. das Vermögen zur Adaptation zuzukommen. (Siehe hierzu auch S. 24.)

Zusammen sind also bisher höchstens 7 Schizophyceenspezies bekannt geworden, welche die Fähigkeit zu komplementärer, chromatischer Adaptation besitzen.

Aus der Gegenüberstellung der beiden Zahlen (17 : 7) läßt sich mit einiger Wahrscheinlichkeit entnehmen, daß die Schizophyceen, deren Farbe von der des Lichtes nicht beeinflußt wird, an Zahl jene Formen übertreffen, welche sich der einfallenden Lichtfarbe adaptieren.

Beziehung der Rasenfarbe zur Wellenlänge des Lichtes.

Gaidukov und Engelmann wollten in der Bezeichnung „komplementäre, chromatische Adaptation" zum Ausdruck bringen, daß die verschiedenen experimentell erzeugten Farbennuancen der *Oscillatoria sancta* zu der des einwirkenden farbigen Lichtes komplementär seien. Gaidukov beobachtete

im	roten	Licht	das	Entstehen	einer	grünlichen	Färbung,
„	gelbbraun.	„	„	„	„	blaugrünen	„ ,
„	grünen	„	„	„	„	rötlichen	„ ,
„	blauen	„	„	„	„	braungelben	„ .

An *Phormidium tenue* und *Porphyra laciniata* sah er (Gaidukov VIII) nur 2 komplementäre Hauptfarben auftreten. Nach meiner Meinung scheidet erstere Alge überhaupt aus, und *Porphyra* wurde nur in den roten und gelben Strahlen grün und blieb in den übrigen purpurrot, so daß sie eigentlich nur zum roten Licht komplementär sich

verfärbt. Wie diese Rhodophycee verhielt sich auch *Lyngbya versicolor* (?) in den Versuchen DANGEARDS.

An meinen Algen traten nur 2 im wesentlichen komplementäre Verfärbungen auf, eine blaugrüne im roten Licht und eine ± violette im grünen. Die Annahme einer zur Farbe des einfallenden Lichtes komplementären Färbung geht also nicht so weit, daß jeder Wellenlänge eine bestimmte Algenfärbung entspräche, so das innerhalb der auftretenden farbigen Streifen noch irgendwelche qualitativ verschiedene Farbennuancen erkennbar wären. Die Grenze zwischen den beiden Verfärbungen ist sehr scharf und liegt für *Phormidium laminosum* var. *olivaceo-fusca* bei λ 595. Bei dieser Gelegenheit sei auf die besonders interessante Tatsache hingewiesen, daß ein für das Auge unmerklicher Unterschied von nur wenigen Wellenlängen, vielleicht sogar nur von 1 λ, genügt, um so offenkundig verschiedene Färbungen hervorzurufen.

Die fragliche Wirkung der blauen Strahlen. Im blauen und violetten Spektralbereich behielten meine Algen ihre ursprüngliche Farbe ebenso wie im Dunkeln. Die hinter blauem Glas, welches auch viel Grün durchläßt, beobachtete Wirkung muß wohl auf Rechnung dieser Lichtart gesetzt werden. Auch die von GAIDUKOV verwendeten blauen Lichtfilter (blaues Glas- und Kupferoxydammoniak) waren in reichlichem Maße gründurchlässig, und GAIDUKOV selbst sagt über die Färbung der *Oscillatoria sancta* hinter blauem Glas: „Die Färbung unterschied sich nicht merklich von den Kulturen im grünen Licht.“ Man wird daher auch hier die beobachtete Wirkung den grünen Lichtstrahlen zuschreiben. Als violetten Lichtfilter benützte er eine Lösung von Anilinviolett, welche neben den blauen und violetten Strahlen auch das äußerste Rot von etwa λ 650 an hindurchließ. *O. sancta* nahm in diesem Lichte vorwiegend helle Färbungen an, welche aber SCHINDLER auf den starken Verbrauch des N im Nährsubstrat zurückführen möchte, eine Vermutung, der auch ich für diesen Fall beipflichten möchte. *Oscillatoria caldariorum* wuchs in den GAIDUKOV'schen Versuchen unter den blauen Glasschalen sehr schlecht, hinter Kupferoxydammoniak ging sie bald zugrunde; im anilinvioletten Licht, welches aber wie erwähnt, auch rote Strahlen enthielt, behielt sie ihre ursprüngliche blaugrüne Farbe ebenso wie im roten Licht. Das *Phormidium tenue* in spätern Versuchen GAIDUKOVS (VIII), auf welches er das sehr intensive Spektrum einer Bogenlampe warf, wurde in allen Strahlen von Grün bis Violett gelb bis braungelb, nur im roten und gelben Spektralbereich behauptete sich die ursprüngliche blaugrüne Färbung des Rasens.

Also auch in diesen Versuchen ist eine unterschiedliche Wirkung der grünen Strahlen einerseits und der blauen und violetten andererseits nicht zu erkennen, und überdies scheint es mir sehr wahrscheinlich, daß die unter diesen Bedingungen erzielte Verfärbung nach Gelbbraun nicht als chromatische Adaptation zu deuten ist, sondern als photolytische Wirkung intensiven Lichtes im Sinne Nadsons (II), also als eine mit der Zerstörung des Chlorophylls und Phykocyans einhergehende Schädigung, welche im roten Spektralbereich bei der relativen Armut des Bogenlichtes an dieser Strahlengattung ausbleibt. Schindler hingegen möchte diese Verfärbung auf eine phototaktische Abwanderung der noch grünen Fäden nach dem spektralen Rot und das Zurückbleiben der infolge N-Chlorose schon braungelb gewordenen Fäden im übrigen Spektrum erklären. In der gleichen Weise will Schindler die Beobachtungen Dangeards an *Lyngbya versicolor* (?) deuten, welche vom Violett bis zum äußersten Grün ihre normale orangegelbe Farbe beibehielt, von λ 590 an im Gelb und Rot schön grün wurde. Wären gelbbraune Fäden neben noch grünen vorhanden gewesen, so hätte sich doch eine solche Vermengung auch in einer ± olivbraunen Rasenfarbe schon vor der Bestrahlung kundtun müssen, wofür sich aber weder bei Gaidukov, noch bei Dangeard Anhaltspunkte finden; daß andererseits eine partielle N-Chlorose erst während des Versuches eingetreten wäre, scheint mir angesichts des raschen Eintrittes der Verfärbungen ausgeschlossen zu sein. Jedenfalls aber bringen auch die Experimente Dangeards, nicht den Nachweis einer allenfalls vorhandenen Wirkung der blauen und violetten Strahlen.

Bei kritischer Betrachtung der vorhandenen Angaben ergibt sich also kein Hinweis auf eine tatsächlich bestehende Wirksamkeit der blauen und violetten Strahlen, welche auch meine Versuche nicht erbringen konnten. Allerdings könnte man daran denken, daß in den in Frage kommenden Experimenten die Intensität dieser Strahlen für eine Verfärbung nicht ausgereicht habe. (Siehe auch S. 41.) —

Auch hinsichtlich der übrigen Strahlengattungen fügen sich die Angaben früherer Beobachter sehr wohl in den Rahmen meiner Versuchsergebnisse ein. *Oscillatoria sancta* wurde hinter einem roten Lichtfilter (Lösung von käuflichem Karmin) hellblaugrün, ebenso in Petrischalen aus braungelbem Glas, welches Rot, Orange, Gelb und Gelblichgrün bis etwa λ 560 gut durchließ. Unter solchen braunen Petrischalen nahm die Alge sogar intensiv blaugrüne bis spangrüne Färbungen an. Die von Gaidukov in solchen Schalen gleichfalls

beobachteten und als Vorstufen der intensiv blaugrünen Rasenfärbung angesehenen graugrünen und blaß grauvioletten Töne möchte ich auf Grund ihrer aus den von ihm veröffentlichten Absorptionskurven erkennbaren Farbstoffarmut nicht in diesem Sinne, sondern als Anzeichen beginnender N-Chlorose deuten, wobei allerdings ein Einfluß der roten Lichtstrahlen (ebenso im anilinvioletten Lichte) nicht zu verkennen ist. Zwischen der Wirknng des roten und braunen Lichtes besteht somit kein wesentlicher Unterschied, ebensowenig wie zwischen der von mir verwendeten roten und orangeroten Folie. Im grünen Lichte eines Kupferchloridschirmes färbte sich *O. sancta* ebenso wie unter blauem Glas rötlichviolett, auch *O. caldariorum* nahm in diesem Lichte eine ± violette Farbe an — also ganz in Übereinstimmung mit meinen Erfahrungen. Im spektral zerlegten Licht haben frühere Beobachter eine spezielle Wirkung der grünen Lichtstrahlen allerdings nicht feststellen können.

Geschwindigkeit des Farbenwechsels.

Wenn man auch annehmen darf, daß die auf die Verfärbung hinzielenden Prozesse, sofort mit dem Beginn der Bestrahlung einsetzen, so bedarf es doch längerer Zeit, bis die Umfärbung wahrnehmbar wird. In den gelbbraunen N-chlorotischen Rasen wird sie aus naheliegenden Gründen sich früher bemerkbar machen als in normalen dunkelgefärbten Rasen, in den dünnen Plattenkulturen im allgemeinen gleichfalls früher als in Kölbchenkulturen. Dabei wird die Raschheit der Verfärbung naturgemäß von der Intensität des einstrahlenden Lichtes abhängen; sie erfolgt daher, wie ich an meinen Versuchen beobachten konnte, im Sommer rascher als im Herbst und Winter. Wie meine Experimente mit spektral zerlegtem Licht dartun,[1] macht sich die Verfärbung der Rasen nach Blaugrün unter dem Einfluß der roten Strahlen früher bemerkbar als die nach Violett im grünen Spektralbezirk trotz angenähert gleicher Lichtintensität. (Siehe auch S. 43.)

Im IV. Versuch war eine leichte Verfärbung des N-chlorotischen Rasens im Rot schon nach 22 Stunden feststellbar. Die Gaidukov'schen Beobachtungen an *Phormidium tenue* scheiden für die Beurteilung der Geschwindigkeit des Farbwechsels aus den früher erwähnten Gründen aus. Dangeard, welcher eine ähnliche Versuchsanordnung wie ich gewählt hat, berichtet, daß seine *Lyngbya* erst am Ende des 4. Tages im roten Spektralbezirk blaugrün wurde. In meinen mit bereits älteren Kulturen angestellten Lichtfilterversuchen trat

der Farbenumschlag meist schon nach 4 Tagen in Erscheinung, Gaidukov, welcher die *O. sancta* im farbigen Licht erst sich entwickeln ließ, mußte natürlich wochenlang auf die Resultate warten.

Gaidukov schließt aus der Schnelligkeit der Verfärbung des *Phormidium tenue* darauf, daß es sich bei diesem Prozeß um eine direkte Farbenveränderung der alten Zellen handle. Weil aber gerade bei dieser Alge m. E. kein Fall von komplementärer chromatischer Adaptation vorliegt, ist es nicht überflüssig zu bemerken, daß auch meine Versuche mit Evidenz beweisen, daß sich diese Prozesse in den alten Zellen ebensogut wie in den Zuwächsen abspielen können. (Siehe auch S. 57 ff.)

Beteiligung der Schizophyceenfarbstoffe an den Umfärbungen im farbigen Licht.

Es ist naheliegend, für das Zustandekommen des Farbenwechsels an eine Beteiligung der den Schizophyceen zukommenden Farbstoffe zu denken, sei es, daß neue Farbstoffe unter der Einwirkung der farbigen Beleuchtung entstehen, sei es, daß sich das Mengenverhältnis dieser Farbstoffe ändert. Merkwürdigerweise verfiel Gaidukov nicht auf diese nächstliegende Annahme, obwohl sich aus den von ihm ermittelten Absorptionskurven der verfärbten *O. sancta*, deren Farbstoff nach der von ihm vorgenommenen Untersuchung dem gewisser Rhodophyceen sehr ähnelt, brauchbare Hinweise in diesem Sinne erkennen lassen; später suchte er (VIII, IX) diese Farbenänderung unter dem Einfluß verschiedener Strahlenarten in eine Parallele mit den als „optische Resonanz" bezeichneten Erscheinungen zu setzen, indem er an die Möglichkeit einer Strukturänderung der kolloidalen Farbstoffe unter dem Einfluß einer mit der Belichtung einhergehenden Temperaturerhöhung dachte. Gaidukov (IV) selbst aber bemerkte, „daß die frühesten und stärksten Veränderungen in dem mittleren Teile des sichtbaren Spektrums, etwa von Orangerot bis Blaugrün stattfinden, und daß nur die Helligkeitsminima II, II a und III verschwinden und wiedererscheinen können. Bei der Umwandlung der ursprünglichen, violetten Färbung in die blaugrüne, hervorgerufen durch die Einwirkung des roten und gelben Lichtfilters, werden die Helligkeitsminima III und III a bedeutend geschwächt; bei der weiteren Umwandlung dieser Färbung verschwindet das Helligkeitsminimum III a ganz; es erscheint aber ein neues Helligkeitsminimum, II a. Schließlich bemerkt man eine sehr bedeutende Verstärkung der Helligkeitsminima II und II a;

Helligkeitsminimum II kann sogar stärker sein wie Helligkeitsminimum I (stark blaugrüne und spangrüne Färbungen). Die Absorption in den roten und orangen Strahlen ist sehr stark, in den grünen und blauen dagegen sehr schwach. Der Übergang des ursprünglich blaugrünen Chromophylls in das braune, mittels Einwirkung des grünen Lichtfilters, wird von denselben Färbungen begleitet, doch vollzieht sich dieser Übergang in umgekehrter Reihenfolge." Die Helligkeitsminima II und II a entsprechen nun aber nach GAIDUKOVS (V) eigenen Angaben dem Phykocyanband, III und III a dem Phykoerythrinband.

DANGEARD (IV) spricht sich über die Ursachen des von ihm an *Lyngbya versicolor* (?) beobachteten Farbenwechsels nicht weiter aus. KYLIN (II, IV) schließt aus den von GAIDUKOV veröffentlichten Absorptionsspektren der im vollen Tageslicht violett gefärbten *Oscillatoria sancta*, daß diese Alge neben Phykocyan auch Phykoerythrin enthalte; er glaubt in denselben die 3 für das Phykoerythrin charakteristischen Absorptionsbänder zu finden. Die Farbenänderungen bei der komplementären, chromatischen Adaptation „erklären sich aber ganz einfach durch das Verschwinden und Wiederauftreten eines oder der beiden wasserlöslichen Chromatophorfarbstoffe, des Phykocyans und Phykoerythrins; vielleicht kann bisweilen auch eine Vergrößerung der Menge gelber Farbstoffe und eine Verminderung der Chlorophyllmenge mitwirken." KYLIN ließ sich bei dieser Anschauung, welche zwar nicht auf eigenen Experimenten fußend, doch im wesentlichen das Richtige trifft, von der Konstatierung der 3 Phykoerythrinbänder im Gelbgrün bis Blaugrün leiten, von welchen das nahe bei F liegende für diesen Farbstoff besonders charakteristisch ist. Gerade aber diesen Streifen konnte ich in den aus meinen Versuchsalgen hergestellten Extrakten niemals beobachten, so daß ich in meiner vorläufigen Mitteilung (BORESCH II) dem damaligen Stande meiner Untersuchung Rechnung tragend, erwähnte, daß ich von einem derartigen Phykoerythrin in den wässrigen Auszügen nichts bemerken konnte. Erst durch die Auffindung einer neuen, in Schizophyceen weit verbreitet auftretenden Phykoerythrinmodifikation, welche nur e i n Maximum des Extinktion bei ca. λ 550 besitzt (BORESCH IV, V) gelang mir die Klarstellung dieser Verhältnisse; das mit 3 Maximis ausgestattete Florideenrot fand ich in keiner der von mir untersuchten Art, ja sogar in *Porphyridium cruentum* und *Nostoc*, welchen dieses Rhodophyceenphykoerythrin zugeschrieben wurde, fand ich auch nur das 1-gipfelige Schizophyceenphykoerythrin vor, und ich zweifle daher auch daran, daß *Oscillatoria sancta* den

typischen roten Farbstoff der Florideen mit den 3 Maximis besitzt, zumal Gaidukov für das Absorptionsspektrum violetter Kristalle aus *Oscillatoria sancta* nur 2 Helligkeitsminima angibt: II bei λ 625 und III bei λ 575, von denen II dem Phykocyan und III dem neuen Phykoerythrin entspräche. Die übrigen von Gaidukov (II) abgebildeten und von Kylin (IV) dem Phykoerythrin zugesprochenen Absorptionsbänder möchte ich auf Rechnung der alkohollöslichen Pigmente setzen. —

Die ersten Anhaltspunkte dafür, daß die Farbstoffe des im spektral zerlegten Licht sich different färbenden *Phormidium laminosum* var. *olivaceo-fusca* Verschiedenheiten aufweisen, erlangte ich durch Behandlung der Rasen mit Eisessig nach Molisch. Die im roten Licht ergrünten Fäden färbten sich auf Zusatz von Eisessig blau, die im grünen Licht rotviolett gewordenen violett. Um aber die Beteiligung der Farbstoffe an diesen Vorgängen näher zu studieren, wurden Kölbchenkulturen dem Einflusse farbigen Lichtes ausgesetzt (Lichtfilterversuche V—XVI) und auf ihre Farbstoffe untersucht.

Über die Gewinnung der Farbstoffextrakte und über die Trennung der den Schizophyceen eigentümlichen wasserlöslichen und alkohollöslichen Farbstoffe, und dieser letzteren in die grünen und gelben Pigmente wurde das Notwendige schon in meiner vorläufigen Mitteilung (Boresch II) gesagt. Hier sei nur betont, daß zur Herstellung quantitativ vergleichbarer Konzentrationen der Farbstoffextrakte die den Erlenmeyer-Kölbchen entnommenen Rasen nach Entfernung des oberflächlichen Wassers mittels Filtrierpapiers im Trockenschrank bei 45° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und rasch gewogen wurden. Für jeden Rasen wurde eine seinem Gewicht proportionale Menge des Extraktionsmittels verwendet. Im Laufe der Untersuchung stellte es sich als das Zweckmäßigste heraus, pro 0,1 g Trockengewicht 10 ccm Wasser zur Lösung der wasserlöslichen Schizophyceenfarbstoffe und 50 ccm Alkohol zur Extraktion der alkohollöslichen Farbstoffe zu verwenden. Nach Trennung der Chlorophylline von den gelben Pigmenten wurden die Volumina beider Lösungen auf 50 ccm pro 0,1 g Trockengewicht des Rasens und auch die wässrige Lösung der Phykochromoproteide auf 10 ccm pro 0,1 g Trockengewicht ergänzt. Dieser zur Gewinnung quantitativ halbwegs vergleichbarer Farbstoffkonzentrationen eingeschlagene Weg schien mir der einzig gangbare zu sein, wenn er auch nicht frei von Fehlern ist. Er gründet sich auf der Annahme, daß im allgemeinen der Farbstoffgehalt eines Rasens proportional seinem Gewichte ist. Wenn das auch im allgemeinen zutrifft, so fanden sich doch immer wieder

einzelne Kölbchen, welche aus nicht immer feststellbaren Ursachen auffällig blaß gefärbt waren, deren Färbungsintensität im Verhältnis zu ihrer Entwicklung unter der Norm war. Mit der Größe solcher Diskrepanzen nähert sich die angestrebte quantitative Ermittlung natürlich immer mehr einer qualitativen. Wo ein solcher Fall vorlag, habe ich ihn im folgenden ersichtlich gemacht. Eine weitere Fehlerquelle ist die, daß das Schizophyceenphykoerythrin nicht nur vom Filtrierpapier, sondern auch von dem mit Quarzsand verriebenen Organpulver bei der Extraktion stärker zurückgehalten wird als das Phykocyan (Boresch IV).

Zur Untersuchung der wasserlöslichen Pigmente diente mir anfänglich das Vergleichspektroskop von Zeiss, später benützte ich zur exakten Ermittlung von Absorptionskurven das Spektralphotometer von König-Martens, welches mir schon bei der Untersuchung der wasserlöslichen Schizophyceenfarbstoffe überhaupt sehr wertvolle Dienste geleistet hat (Boresch IV, V). Erst durch Verwendung dieses Instrumentes war eine sichere Beschreibung der für den Farbenwechsel beim Gaidukov'schen Phänomen hauptsächlich in Betracht kommenden Veränderungen des Mengenverhältnisses dieser Farbstoffe möglich.

Der Gehalt an grünen und gelben Farbstoffen in den alkoholisch-ätherischen Extrakten wurde mittels eines einfachen Tauchkolorimeters der Firma Schmidt und Haensch verglichen. Gleiche Schichtdicken der verschieden intensiv gefärbten Lösungen wurden gegen eine derselben oder gegen die Lösung eines künstlichen Farbstoffes (Helianthin oder Kaliumbichromat für die gelben, eine Mischung von Helianthin und Methylenblau für die grünen Farbstoffe) kolorimetriert. Die in den folgenden Tabellen enthaltenen Kolorimeterwerte sind Verhältniszahlen der Konzentrationen des betreffenden Farbstoffes in den verschiedenen Rasen eines Versuches.

Anfänglich suchte ich auch den Gehalt der Rasen an wasserlöslichen Farbstoffen und an Chlorophyll durch Ermittlung der Menge Lösungsmittels, welche bis zum Verschwinden der Fluoreszenz zugesetzt werden muß, zu vergleichen. Doch ist diese Methode wegen ihres subjektiven Charakters und des störenden Einflusses unvermeidbarer Trübungen ungenau, weshalb von der Veröffentlichung der so erhaltenen Werte Abstand genommen sei. Um dennoch die mit zunehmender Konzentration an wasserlöslichem Farbstoff sich ergebende Reihenfolge in den folgenden Tabellen ersichtlich zu machen, sind in der Rubrik „Wässriger Auszug-Farbe" mit 1 bei der schwächsten Konzentration beginnende Ziffern eingesetzt worden.

I. Farbstoffanalysen des *Phormidium laminosum* var. *olivaceo-fusca*.

Farbstoffanalyse des V. Versuches. Hierzu Taf. 3 Fig. 13.

Tabelle 15.

Farbe des Filters	Rasenfarbe am Ende des Versuches	Trockengewicht des Rasens	Wässriger Auszug		Kolorimeterwerte der	
			Farbe	Fluoreszenz	grünen	gelben
					alkoh.-äther. Extrakte	
Milchglas	hellolivbraun geschädigt	0,246 g	sehr hell rotviolett 1	braunrot	16,5	25,5
Rote Folie	intensiv blaugrün	0,192 g	hellblau 2	karminrot	21,5	23,5
Orangerote Folie	intensiv blaugrün	0,260 g	dunkelblau 3	karminrot	41	37
Gelbe Folie	dunkelolivbraun	0,159 g	intensiv blauviolett 4	braunrot	30	36,5
Blaues Glas	dunkelbraunviolett	0,259 g	dunkelrotviolett 5	rotbraun	16,5	22

Faßt man in den Farbstoffanalysen zunächst die alkoholisch-ätherischen Extrakte ins Auge, so ergeben sich aus den Kolorimeterwerten — auch wenn man die aus geschädigten Rasen ermittelten Werte beiseite läßt — nicht unbeträchtliche Schwankungen der in ihnen gelösten Farbstoffmengen. Die Konzentration der grünen Farbstoffe schwankt im allgemeinen stärker als die der gelben; wo wenig Chlorophyll vorhanden ist, dort findet sich auch wenig Carotin, ohne daß die Veränderungen in der Menge der beiden Farbstoffe sich streng parallel bewegen würden. Eine Beziehung zur vorherrschenden Lichtfarbe ist in diesen Versuchen nicht zu erkennen.

Hingegen ist eine solche auf den ersten Blick bei den wasserlöslichen Farbstoffen feststellbar. Die hinter roter und orangeroter Folie stehenden Kulturen liefern rein blau gefärbte, karminrot fluoreszierende Extrakte, die hinter blauem Glas exponierten ± violette Auszüge mit rotbrauner Fluoreszenz. Die im diffusen Tageslicht hinter einer Milchglasscheibe und auch die hinter der gelben Folie [1]) gestandenen Kulturen ergaben Lösungen, welche hinsichtlich ihrer Farbenuance ungefähr die Mitte zwischen den vorerwähnten

[1]) Bei den hinter der gelben Folie gestandenen Kölbchenkulturen (Nr. 8 u. 9) des VI. Versuches, welche ein hellblaues, karminrot fluoreszierendes Extrakt lieferten, ist die Schädigung durch Besonnung zu berücksichtigen.

Farbstoffanalyse des VI. Versuches. Hierzu Taf. 3 Fig. 14.

Tabelle 16.

Farbe des Filters	Nummer der Kultur-kölbchen [1]	Rasenfarbe am Ende des Versuches	Trocken-gewicht	Wässrige Auszüge		Kolorimeter-werte der	
				Farbe	Fluores-zenz	grünen	gelben
						alkoh.-äther. Extrakte	
Milchglas	1.	ungleich-mäßig oliv-grün,	0,187 g	violettstichig blau 3	braun-rot	12,0	14,6
Rote Folie	2.+3.	lebhaft blaugrün	0,206 g	blau 6	karmin-rot	14,2	13,3
Rote Folie	4.	lebhaft blaugrün	0,085 g	blau 4	karmin-rot	13,5	13,1
Orangerote Folie	5.+6.+7.	lebhaft blaugrün	0,409 g	blau 5	karmin-rot	16,5	—[2]
Gelbe Folie	8.+9.	ungleich-mäßig oliv-grün, geschädigt	0,440 g	hellblau 1	karmin-rot	6,3	11,2
Blaues Glas	10.	olivgrün, violett schimmernd	0,122 g	violett 2	rot-braun	8,4	8,4
Blaues Glas	11.	schwärzlich-grün, violett stichig	0,119 g	dunkelblau-violett 8	rot-braun	18,3	14,8
Blaues Glas	12.	schwärzlich-grün, violett schimmernd	0,094 g	dunkel-violettblau 7	rot-braun	6,9	8,2

Farbentönen hielten. Diese Verschiedenheiten lassen mit Leichtigkeit eine Beziehung zu der Färbung der Rasen erkennen, so daß sich der im verschiedenfarbigen Licht auftretende Farbenwechsel auf die hier festgestellten Differenzen in der Eigenfarbe der wässrigen Auszüge im wesentlichen zurückführen läßt. Die übrigen Pigmente der Schizophyceen scheinen hierbei nicht sonderlich beteiligt zu sein.

Naturgemäß müssen sich die Farbenunterschiede der Extrakte auch in den Absorptionsspektren derselben ausdrücken (Taf. 3 Fig. 13, 14). Vorherrschend sind 2 Absorptionsstreifen zu beobachten, der eine im Rot und Orangerot zwischen den Frauenhofer'schen Linien C und D, bei ca. λ 630—590 mit dem Maximum beiläufig zwischen λ 620—610, der andere im Grün zwischen D und E von

[1]) Aus den Nummern ersieht man, wieviel Kölbchenkulturen zusammen oder ob sie einzeln verarbeitet wurden.

[2]) Lösung versehentlich verloren gegangen.

λ 575 bis fast 500 mit dem Maximum bei ca. λ 560. Das zwischen diesen beiden Maximis entstehende Extinktionsminimum liegt ungefähr bei λ 590. Die Intensität der beiden Absorptionsstreifen schwankt allerdings beträchtlich mit der Farbe des einwirkenden Lichtes. In den violetten Extrakten, welche aus den blau beleuchteten Kulturen stammen, ist der 2. Streifen im Grün dunkler als der 1. im Rot, in den rein blauen Extrakten aus dem roten und orangeroten Licht ist er nur mehr als ein leichter Schatten angedeutet, während der 1. Streifen im Rot sehr intensiv geworden ist. Die mit gelbem Licht und mit vollem Tageslicht beleuchteten Kulturen liefern Extrakte, deren Absorptionsspektrum auch hier in die Mitte zwischen den vorerwähnten zu stehen kommt.

Bei der zur Zeit meiner ersten Publikation über diesen Gegenstand noch herrschenden Unklarheit in Betreff der wasserlöslichen Schizophyceenfarbstoffe neigte ich, dem damaligen Brauche folgend, der Ansicht zu, daß in der Versuchsalge unter der Einwirkung des farbigen Lichtes verschiedene Phykocyanmodifikationen entstünden. Wie erwähnt, besitzen aber nach meinen Untersuchungen (Boresch V) viele Schizophyceen neben dem blaugrünen, karminrot fluoreszierenden Phykocyan (nach der Nomenklatur Kylin's III, IV) mit dem Absorptionsmaximum etwa bei λ 620 einen bisher noch nirgends aufgefundenen roten, orangegelb fluoreszierenden Farbstoff mit einem einzigen zwischen D und E liegenden Maximum bei ca. λ 550, welcher als Schizophyceenphykoerythrin mit Rücksicht auf seine schon erwähnten Unterschiede vom Florideenrot bezeichnet wurde.

Auch für *Phormidium laminosum* var. *olivaceo-fusca* wurde außer dem blaugrünen Phykocyan das neue Phykoerythrin nachgewiesen. Der in den auf Taf. 3 dargestellten Absorptionsspektren im Rot auftretende Streifen gehört dem Phykocyan, der im Grün vorhandene Streifen dem Schizophyceenphykoerythrin an. Demgemäß läßt sich schon aus den spektroskopischen Untersuchungen schließen, daß das Mengenverhältnis dieser beiden Farbstoffe von der Lichtqualität namhaft beeinflußt wird.

Dieselbe Erkenntnis ergibt sich aus der Betrachtung des kurvenmäßig dargestellten Lichtabsorptionsvermögens der verschiedenen Wasserextrakte. Betreffs der Ermittlung der relativen Extinktionskoeffizienten mit dem Spektralphotometer nach König-Martens sei auf meine Arbeit (Boresch V) verwiesen. Auch in der vorliegenden Mitteilung sind diese Messungen in Form von Tabellen im Anhang S. 68 zusammengestellt, deren letzte Kolumne ($-\log \operatorname{tg} \varphi$) die relativen Extinktionskoeffizienten für den in Betracht kommenden Spektral-

bereich enthält. Auch in den hier beigegebenen Kurven stellt die Abszisse die Wellenlängenskala eines Prismenspektrums dar; als Ordinaten sind die relativen Extinktionskoeffizienten aufgetragen. Um hinsichtlich der Farbstoffkonzentration halbwegs vergleichbare Lösungen zu erhalten, wurden in all diesen Versuchen pro 0,1 g Trockengewicht des Rasens 10 ccm Wasser zur Extraktion verwendet, die erhaltene Lösung durchwegs nur einmal filtriert, ein Umstand, der mit Rücksicht auf die stärkere Adsorbierbarkeit des Schizophyceenphykoerythrins besondere Erwähnung verdient.

Farbstoffanalyse des IX. Versuches. Hierzu Tab. 17 u. Textfig. 3.

Tabelle 17.

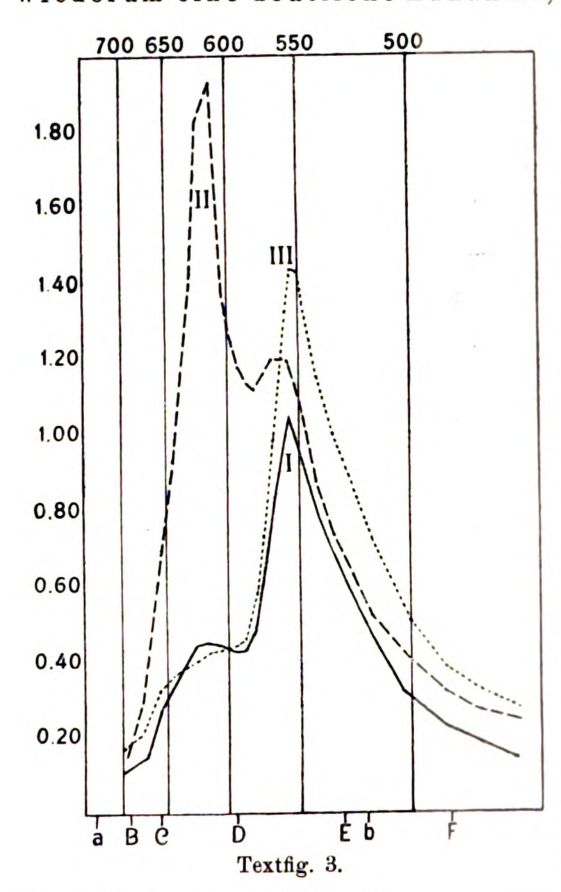
Lichtfarbe	Rasenfärbung am Ende des Versuches	Trockengewicht	Wässrige Auszüge	
			Farbe	Fluoreszenz
Volles Tageslicht	dunkelolivbraun	0,120 g	violett	rotbraun, orangestichig
Rote Folie	intensiv blaugrün	0,094 g	cyanblau	venetianischrot
Blaues Glas	vorherrschend braunviolett	0,058 g	intensiv rotviolett	orangegelb

Im umstehenden Kurvenbild (Textfig. 3) gehört Kurve I dem normalen, im vollen Tageslicht erwachsenen Rasen an. Aus dem

Tabelle 18.

Lichtschirm	Nummer des Kölbchens		Rasenfarbe am Ende des Versuches	Trockengewicht	Wässrige Auszüge		Kolorimeterwerte der	
					Farbe	Fluoreszenz	grünen	gelben
							alkoh.-äther. Extrakte	
Volles diffuses Tageslicht	1.	mit Nitratzusatz	olivbraun	0,135 g	blauviolett 4	braunrot	13,5	17,1
4fach Seidenpapier	2	mit Nitratzusatz	intensiv olivgrün	0,133 g	violett 3	braunrot	14,6	14,0
12fach Seidenpapier	3.	mit Nitratzusatz	hell olivgrün	0,105 g	sehr hell indigblau 1	braunstichig karminrot	9,2	14,5
Methylenblaulösung	4.	mit Nitratzusatz	braunrot violettstichig	0,108 g	rotlila 2	braunorange	12,1	12,5
Volles diffuses Tageslicht	5.	Kontrolle ohne Nitratzusatz	gelbbraun	0,100 g	farblos	keine Fluoreszenz	5,1	14,2

Vergleich der beiden Maxima ergibt sich ein viel höherer Gehalt an Phykoerythrin als an Phykocyan. Im roten Licht (Kurve II) steigt der Phykocyangehalt ganz bedeutend an, so daß er die ungefähr gleichgebliebene Phykoerythrinmenge des mit vollem Tageslicht beleuchteten Rasens fast um das doppelte übertrifft. Hinter blauem Glas erfährt das Phykoerythrin hinwiederum eine deutliche Zunahme, während das Phykocyan annähernd in derselben Menge wie im vollen Tageslicht sich behauptet. Doch ist nicht zu vergessen, daß das blaue Glas auch rote Strahlen hindurchläßt, so daß bei Ausschaltung derselben die Phykocyanmenge noch verringert werden dürfte (siehe auch S. 60).



Textfig. 3.

Farbstoffanalyse des X. Versuches. Hierzu Tab. 18 u. Taf. 3 Fig. 15.

Die aus den Kulturen dieses Versuches (Einwirkung stark geschwächten, aber vollen Tageslichtes) erhaltenen Extrakte wurden nur im Zeiss'schen Vergleichsspektroskop untersucht.

Alle Lösungen wiesen, sofern sie genügend intensiv gefärbt waren, im Spektroskop zwei Streifen auf, nur die zur Kontrolle in blaues Licht (Methylenblaulösung) gestellte Kultur lieferte ihrer braunroten Färbung gemäß ein rotlila Extrakt, in welchem der Phykocyanstreifen fehlte. Die Mengen der gelben Farbstoffe differieren nicht beträchtlich. Eine auffällige Chlorophyllverringerung, verbunden mit einer starken Abnahme der wasserlöslichen Pigmente ist nur hinter 12fachem Seidenpapier zu bemerken; ihr entspricht die

helle Färbung dieses Rasens. Der chlorotische gelbbraune Rasen enthält noch etwas Chlorophyll, welches sich aber in der Rasenfärbung nicht mehr bemerkbar macht. Im stark geschwächten Tageslicht entstehen also dieselben Farbstoffe wie im vollen, nur im verringerten Maße.

II. Farbstoffanalysen der übrigen Schizophyceen mit chromatischem Adaptationsvermögen.

Bei den folgenden Untersuchungen wurde nur mehr auf die Unterschiede im Gehalt an wasserlöslichen Farbstoffen geachtet. Alle drei folgenden Arten enthalten gleichfalls das blaugrüne Phykocyan und das Schizophyceenphykoerythrin. Die wässrigen Auszüge wurden spektrophotometriert.

Microchaete tenera Thur. (?)

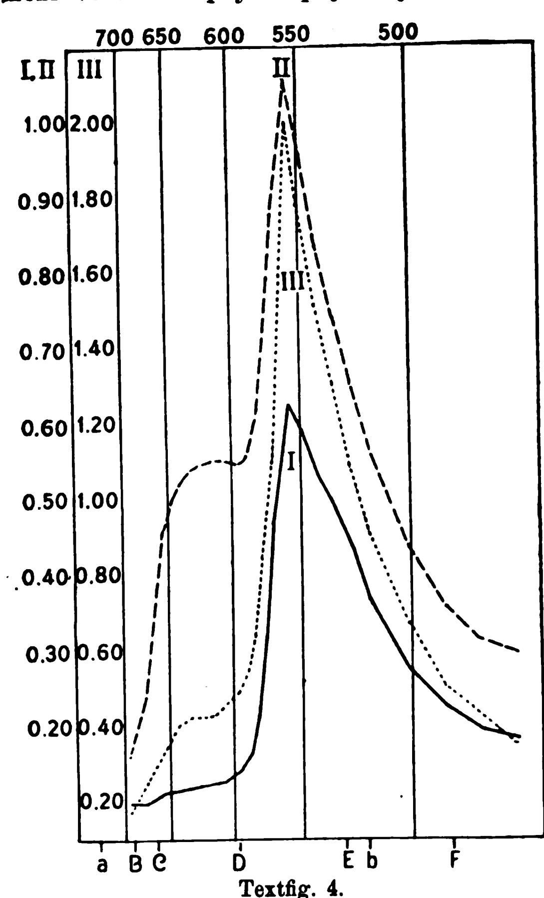
Farbstoffanalyse des XI. Versuches. Hierzu Tab. 19 u. Textfig. 4.

Tabelle 19.

Lichtfarbe	Rasenfarbe am Ende des Versuches	Trockengewicht	Wässrige Auszüge	
			Farbe	Fluoreszenz
Volles Tageslicht	olivgrün bis olivbraun	0,022 g	rosa	orangerot
Rote Folie	intensiv blaugrün	0,047 g	intensiv violett	rotbraun
Blaues Glas	dunkelsepiafarben	0,039 g	intensiv rotviolett	orangegelb

Aus der Nebeneinanderstellung der drei Kurven (I — Tageslicht, II — rote Folie, III — blaues Glas) ersieht man auch hier ohne weiteres die starke Phykocyanzunahme im roten Licht. Alle drei Kurven aber lassen den hohen Phykoerythringehalt der Alge erkennen, welcher anscheinend von der Lichtfarbe nicht wesentlich beeinflußt wird. Denn bringt man die Kurve I, welche den aus mir unbekannten Gründen geringen Farbstoffgehalt des Tageslichtrasens wiedergibt, auf den Maßstab der Kurve III (blaues Glas), so kommt es zur ungefähren Deckung der beiden Kurven. Das Phykocyan-Phykoerythrinverhältnis ist also bei beiden Kurven ungefähr dasselbe. Die ausgesprochener braune Farbe des im blauen Licht gehaltenen Rasens läßt aber trotzdem vermuten, daß sein Phykoerythringehalt auch relativ, bezogen auf die vorhandene Phykocyanmenge, größer ist als im Tageslichtrasen, und wenn nun dieses Übergewicht des Phykoerythrins nicht auch in der Absorptionskurve des wässrigen Extraktes zum Ausdruck kommt, so kann dies daran

liegen, daß das Organpulver bei der Extraktion verhältnismäßig mehr vom Schizophyceenphykoerythrin entsprechend seiner stärkeren Adsorbierbarkeit (Boresch IV, V) zurückgehalten hat als vom Phykocyan. Auch das immerhin deutlich ausgesprochene Phykocyanmaximum der Kurve III könnte wohl bei Verwendung eines reineren Blaufilters an Stelle des rotdurchlässigen blauen Glases noch erniedrigt werden. Das wesentliche Ergebnis aber ist die bedeutende Phykocyanvermehrung im roten Licht, wo das Phykocyanmaximum ungefähr die halbe Höhe des Phykoerythrinmaximums erreicht, was offenbar genügt, um die Verfärbung des Rasens nach Blaugrün zu bewirken.



Textfig. 4.

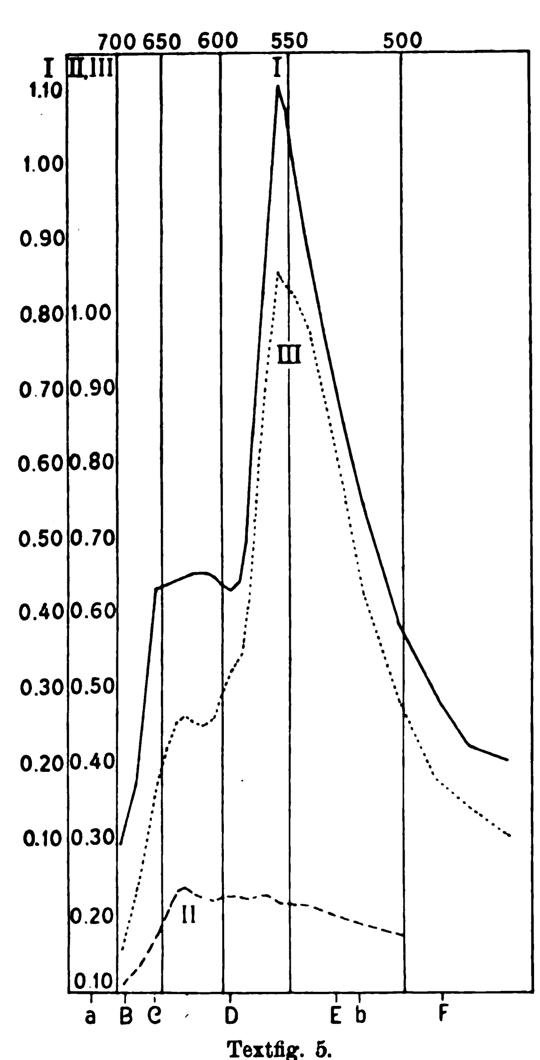
Microchaete calotrichoides Hansg. (?)

Farbstoffanalyse des XIII. Versuches. Hierzu Tab. 20 u. Textfig. 5.

Tabelle 20.

Lichtfarbe	Rasenfarbe am Ende des Versuches	Trockengewicht	Wässrige Auszüge	
			Farbe	Fluoreszenz
Volles Tageslicht	schwärzlich olivgrün	0,046 g	rotviolett	rotbraun (gebr. Sienna)
Rote Folie	schwärzlich blaugrün	0,025 g	sehr hellblau	karminrot
Blaues Glas	sehr dunkel olivgrün, am Rande violett	0,038 g	rotviolett	rotbraun (gebr. Sienna)

Wie im vorangegangenen Falle sind auch im nebenstehenden Diagramm (Textfig. 5) die Kurven I und III der Extrakte aus den im vollen Tageslicht bzw. hinter blauem Glas gestandenen Kulturen einander sehr ähnlich. Das Verhältnis $\frac{\text{Phykocyan}}{\text{Phykoerythrin}}$-maximum ist bei Kurve I 0,41, bei III 0,44, also fast gleich; für III wäre aber gerade ein niedrigerer Quotient als bei I nach der ins Violette spielenden Lagerfarbe zu erwarten gewesen. Die über diesen Punkt bei *Microchaete tenera* soeben geäußerten Vermutungen gelten daher auch hier. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß hinter blauem Glas nur die oberflächlich gelegenen Fäden der kompakten Lagerklumpen sich violett anfärbten, so daß bei der Gesamtextraktion diese immerhin in der Minderheit vorhandenen Fäden den Farbstoffquotienten der die Hauptmasse bildenden schwärzlich-olivgrünen Fäden nicht herunterdrücken konnten. — Die im roten Licht gestandenen Kulturen lieferten aus mir nicht bekannten Ursachen nur wenig Farbstoff; nichtsdestoweniger zeigt die ermittelte Absorptionskurve II eine deutliche Vorherrschaft des Phykocyans — daher die mehr blaugrüne Färbung des Lagers.



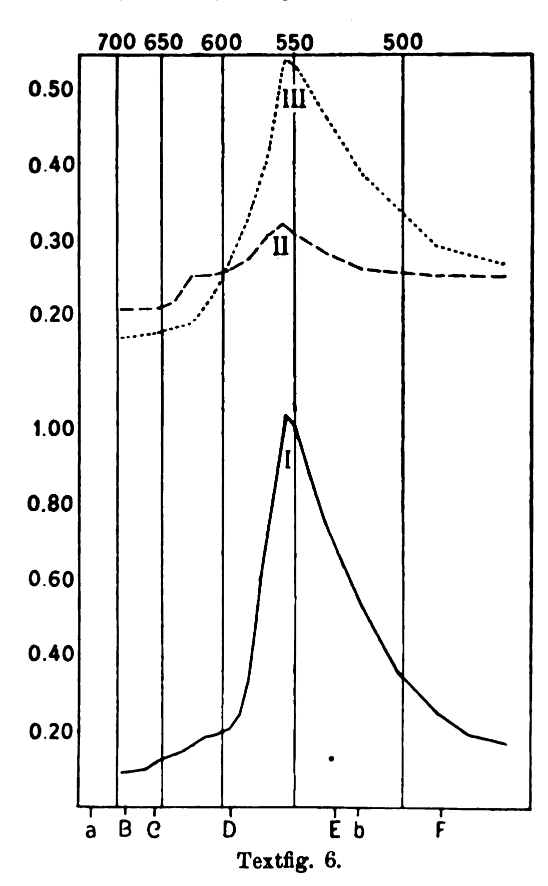
Textfig. 5.

Zum Schlusse (Textfig. 6) gebe ich noch die Absorptionskurven der Extrakte des

Phormidium luridum (Kg.) Gom. var. *violacea*,

dessen Adaptationsfähigkeit zur Lichtfarbe nicht sicher ist.

Während die Kurven I und III (volles Tageslicht und blaues Glas) so ziemlich die Gestalt der Absorptionskurve des reinen Schizophyceenphykoerythrins haben, tritt bei der Kurve II (rotes Licht) eine kleine Phykocyanzacke auf, welche auf eine Vermehrung dieses Farbstoffes im roten Licht hindeutet. Dieses Ergebnis bestimmt mich, das in Frage stehende Phormidium nicht gänzlich aus der Reihe der chromatisch adaptionsfähigen Schizophyceen zu streichen.



Textfig. 6.

Zusammengefaßt ergeben die hier mitgeteilten Farbstoffanalysen die Gewißheit, daß an dem als komplementäre chromatische Adaptation bekannten Farbenwechsel in erster Linie die wasserlöslichen Pigmente der Schizophyceen, das blaugrüne Phykocyan und das Schizophyceenphykoerythrin beteiligt sind. Hinter der roten Folie kommt es zu einer Vermehrung des Phykocyans, hinter blauem Glas kann sich hinwiederum das Verhältnis der beiden Farbstoffe zugunsten des Phykoerythrins verschieben (s. auch S. 60).

Nicht unmöglich erscheint es, daß auch in solchen Schizophyceen, welche keinen augenfälligen Farbenwechsel bei Bestrahlung mit

farbigem Licht aufweisen, immerhin das Mengenverhältnis der beiden Farbstoffe von der Lichtfarbe beeinflußt wird, ohne daß solche Veränderungen ihren sichtbaren Ausdruck in der Farbe des Rasens fänden. Meine in dieser Richtung angestellten Untersuchungen boten jedoch keine Anhaltspunkte hierfür, so daß ich der Ansicht zuneige, daß eine merkliche Veränderung des Verhältnisses Phykocyan zu Phykoerythrin auch eine Abänderung der Rasenfärbung zur Folge hat.

Deutung des Gaidukov'schen Phänomens.

Durch Aufzucht von Keimlingen oder Pflanzen mit ausdauernden Speicherorganen bei Lichtabschluß hat man es in der Hand, jederzeit chlorophyllfreie Pflanzen zu erzielen und an solchen die Bedeutung der Wellenlänge des Lichtes für die Chlorophyllbildung zu untersuchen. Die Literatur über diesen Gegenstand ist eine ziemlich große, aber erst die Untersuchung A. Schmidt's, welcher zum erstenmal die Intensität der von den in seinen Versuchen verwendeten Farbfiltern durchgelassenen Strahlung berücksichtigte, brachte in die sich vielfach widersprechenden Angaben früherer Autoren Klarheit. Wenn auch in seinen Versuchen die für eine durchgreifende Behandlung dieser Frage notwendige Gleichheit der Lichtstärke in den verschiedenen Spektralbezirken noch nicht ganz erreicht wurde, so ergibt diese wertvolle Arbeit doch, „daß die Wirksamkeit der einzelnen Lichtqualitäten bei diesem Prozeß (Chlorophyllbildung) einen auffälligen Parallelismus zeigt zur Absorption der Strahlen durch das Chlorophyll.“ Künftige Untersuchungen werden es wohl erweisen, daß die Lichtwirkung auf die Chlorophyllbildung und die Lichtabsorption im Chlorophyll sich durch zwei völlig parallele Kurven darstellen lassen, wie es jüngst Ursprung für die Stärkebildung als Ausdruck der Assimilationsstärke einerseits und die Lichtabsorption im Chlorophyll andererseits nachgewiesen hat. So dürfte sich der Gültigkeitsbereich des Grotthus-Draper'schen Gesetzes, daß nur die absorbierten Lichtstrahlen photochemische Arbeit leisten können, und des Satzes, daß der Grad ihrer Wirksamkeit von dem Absorptionsvermögen des betreffenden Substrates für dieselben abhängt, immer mehr erweitern.

Bei der N-Chlorose der Schizophyceen (Boresch I) werden nun die wasserlöslichen Pigmente und das Chlorophyll infolge des Mangels an verfügbarem N im Nährsubstrat abgebaut und nur die gelben,

alkohollöslichen Farbstoffe bleiben erhalten. Für die Rückbildung derselben ist neben dem Zusatz einer geeigneten N-Verbindung auch Licht notwendig; im Dunkeln vollziehen sich die Rückbildungsprozesse nur sehr unvollständig. So hat man also in der N-Chlorose einer Schizophycee, welche Phykocyan und Phykoerythrin besitzt, ein Mittel, die Bildung dieser Farbstoffe in ihrer Abhängigkeit von der Qualität des einstrahlenden Lichtes zu studieren.

Wollte man sich erstmalig über diese Frage orientieren, so könnte man einen diesbezüglichen Versuch nicht viel besser ausführen, als es im IV. Versuch (S. 8) geschehen ist, wo auch die Lichtintensität für die verschiedenen Wellenlängen annähernd gleich ist. Und da ergibt sich nun eine höchst bedeutungsvolle Koinzidenz zwischen der dort beobachteten Verfärbung des N-chlorotischen Rasens des *Phormidium laminosum* var. *olivaceo-fusca* und der Absorptionskurve eines wässrigen Extraktes dieser im vollen Tageslicht gewachsenen Alge (Textfig. 3 S. 34). Die Absorptionskurve des hier vorliegenden Farbstoffgemisches weist die zwei dem blaugrünen Phykocyan einerseits und dem Schizophyceenphykoerythrin andererseits entsprechenden Maxima auf, dazwischen ein Minimum der Extinktion bei λ 594. Fast bei derselben Wellenlänge aber, beiläufig bei λ 595, liegt die Grenze zwischen den beiden im IV. Versuch festgestellten Umfärbungen des chlorotischen Rasens, der blaugrünen im roten und der rötlich-braunen im grünen Spektralbezirk. Der Parallelismus geht aber noch weiter. Ungefähr bei λ 674 beginnt die starke Erhebung der Absorptionskurve zum Phykocyanmaximum, und beiläufig in derselben spektralen Region setzt die Verfärbung des Rasens nach Blaugrün ein. Und auf der anderen Seite reicht das starke Absorptionsvermögen des Phykoerythrins bis etwa λ 500, bis wohin sich auch die rötliche Umfärbung des Rasens verfolgen läßt; besonders deutlich ist sie im Bereich λ 595—565, in welchem auch ungefähr die größte Lichtabsorption des Phykoerythrins liegt.

Nun wissen wir aber aus den Extraktionsversuchen, daß sowohl in N-chlorotischen als auch in normalen Rasen im roten Licht die Phykocyanmenge besonders stark zunimmt, während hinter dem für grünes Licht durchlässigen blauen Glas die Ausbildung des Phykoerythrins gefördert wird. So ergibt sich denn ein auffälliger Parallelismus zwischen der Bildung von Phykocyan und Schizophyceenphykoerythrin einerseits und der Absorption des Lichtes in diesen Farbstoffen andererseits. Aus äußeren Gründen mußte ich die Wiederholung des IV. Versuches unterlassen, ich zweifle aber

nicht daran, daß es mit dieser Versuchsanordnung möglich wäre, nachzuweisen, daß auch die Orte der maximalen Farbstoffbildung genau mit den Absorptionsmaximis der beiden Farbstoffe zusammenfallen, so daß die Mengenverteilung der sich rückbildenden Farbstoffe gewissermaßen ein sichtbares Abbild ihrer Absorptionskurven darstellen würde (siehe auch die Versuche mit inverser Beleuchtung S. 59).

Mit dieser Feststellung wird der von F. Schmidt zuerst für das Chlorophyll erkannte Parallelismus zwischen Farbstoffbildung und Lichtabsorption auch auf die interessanten Begleitpigmente des Chlorophylls, das Phykocyan und Schizophyceenphykoerythrin, ausgedehnt. Es scheint da ein allgemeines Gesetz vorzuliegen, daß die Ausbildung von Farbstoffen im pflanzlichen Organismus, sofern ihre Entstehung vom Lichte bewirkt wird, von jeder Strahlengattung nach Maßgabe ihrer Absorption in ihnen gefördert wird.

Von diesem Gesichtspunkt aus erscheint es verständlich, daß die blauen und violetten Strahlen in meinen Versuchen mit spektral zerlegtem Licht keinen Farbenwechsel des *Phormidium laminosum* var. *olivaceo-fusca* herbeigeführt haben; denn diese Strahlen werden vom Phykocyan wie auch vom Schizophyceenphykoerythrin kaum absorbiert; vielleicht wäre auch mit ihnen ein Erfolg zu erzielen, wenn man die Intensität derselben bedeutend steigern würde. So kann es auch nur die Energie der grünen Strahlen gewesen sein, welche in den hinter blauem Glas aufgestellten Kulturen einen Farbenwechsel hervorgerufen hat.

Schon 1842 konnte Herschel zeigen, daß gewisse Pflanzenfarbstoffe am stärksten in einem zu ihrer Farbe komplementären Lichte gebleicht werden. Für das Seebeck'sche und Poitevin'sche Verfahren der Farbenphotographie gab Wiener die Erklärung, daß von den in der Platte entstehenden farbigen Verbindungen nur jene auf die Dauer bestehen bleiben, welche mit der Farbe des bestrahlenden Lichtes gleichfarbig sind, dasselbe also am wenigsten absorbieren und daher am wenigsten verändert werden könnten, so daß durch eine derartige Auslese mit der Beleuchtung übereinstimmende Körperfarben (Farbenanpassung nach Wiener) resultieren. Gaidukov (II) möchte solche auch auf biologischem Gebiet bekannte Prozesse, wo also die Farbe des beleuchteten, leblosen oder lebenden Körpers zu der des einwirkenden Lichtes immer ähnlicher oder gleich wird, als chromatische Assimilation bezeichnen. Schon rein formal betrachtet, ist die komplementäre, chromatische Adaptation, bei welcher zur Lichtfarbe komplementäre Körper-



farben entstehen, als das gerade Gegenteil der erst erwähnten Vorgänge anzusehen. Aber auch im näheren Mechanismus sind beide Arten von Vorgängen einander gegenläufig. Bei der „chromatischen Assimilation" handelt es sich um eine Zerstörung von Farbstoffen nach Maßgabe ihres Absorptionsvermögens für das einstrahlende Licht, bei der komplementären chromatischen Adaptation handelt es sich hauptsächlich um die Bildung gewisser Farbstoffe, merkwürdigerweise aber gleichfalls nach Maßgabe ihres Absorptionsvermögens für die betreffende Strahlengattung.

Wie schon A. Schmidt hervorhebt, steht die Tatsache, daß Licht, welches von einem Farbstoff absorbiert wird, auch dessen Bildung fördert, nicht ohne Analogon auf dem Gebiete der Photochemie da. Es handelt sich um die interessanten Befunde von Gros, welche Eder in seiner „Photochemie" folgend zusammenfaßt: „Die Leucobasen der Triphenylmethanfarbstoffe sind stark lichtempfindlich, indem durch Licht und Luft aus den farblosen Leucobasen Farbstoffe entstehen ... Die Farbstoffe der Triphenylmethangruppe bleichen bei andauernder Lichtwirkung wieder allmählich aus, wobei sie chemisch durchgreifend verändert werden; dieser photochemische Bleichungsvorgang beruht auf Oxydation. Bei den Leucobasen wirkt der entstehende Farbstoff so lange, als seine Konzentration nicht eine gewisse Grenze überschritten, beschleunigend auf die Oxydation der Leucobase. Durch fremde Farbstoffe wird die Lichtempfindlichkeit der Leucobasen und Farbstoffe stark erhöht; es tritt also sog. Farbensensibilisierung ein. Auch die katalytische Wirksamkeit der Farbstoffe betätigt sich schon bei außerordentlich geringen Konzentrationen derselben und geht mit steigender Konzentration der Farbstoffe durch ein Maximum. Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, daß die Fähigkeit der Farbstoffe, katalytisch zu wirken, durch Lichtabsorption erregt wird. Infolgedessen erstreckt sich die Farbenempfindlichkeit der Leucobasen nicht nur auf die Strahlen, welche von den Leucobasen selbst absorbiert werden, sondern auch auf solche, die von dem entstehenden Farbstoff absorbiert werden."

Die farblosen Vorstufen des Phykocyans und Phykoerythrins kennen wir nicht, vielleicht sind sie für die beiden, chemisch einander anscheinend sehr nahestehenden Farbstoffe gleich, jedenfalls aber wird aus ihnen Farbstoff gebildet, vielleicht auch durch Oxydation, denn Sauerstoffzutritt ist für das Ergrünen N-chlorotischer Rasen notwendig (Boresch I). Übertragen wir die von Gros gezogenen Folgerungen auf unsere Verhältnisse, so muß, sobald auch nur eine Spur der Farbstoffe selbst vorhanden ist — und dies trifft auch in

der Tat selbst für anscheinend völlig N-chlorotische Rasen zu —, die weitere Bildung der Farbstoffe durch diese Spur katalysiert werden. Ein direkter Übergang von Phykocyan in Phykoerythrin scheint mir aus eben diesen Gründen nicht wahrscheinlich.

Die vollkommene Übereinstimmung der schließlichen durch die Lichtgattung bedingten Verfärbungen des N-chlorotischen Rasens ebenso wie des normalen Rasens beweist, daß die als komplementäre chromatische Adaptation bezeichnete Erscheinung gleichfalls durch die eben gekennzeichneten Prozesse verursacht wird.

Das GAIDUKOV'sche Phänomen stellt nach dieser Deutung nichts anderes dar als eine neue Anwendung der schon vom Chlorophyll her bekannten Beziehung zwischen Farbstoffbildung und Lichtabsorption auf die wasserlöslichen Pigmente der Schizophyceen.

Am reinsten tritt uns diese Beziehung in den Versuchen mit spektral zerlegtem Licht entgegen; im roten Spektralbereich mag vielleicht nebenher, wenigstens in den N-chlorotischen Rasen, auch die Bildung des Chlorophylls begünstigt sein, was vielleicht die Ursache dafür ist, daß im Rot die blaugrüne Verfärbung im allgemeinen früher auftritt als die violette im Blau. Aber auch die Versuche mit Lichtfiltern zeitigten Resultate, welche in völliger Übereinstimmung damit stehen. Die im vollen Tageslicht enthaltenen Strahlen wirken nebeneinander summativ nach Maßgabe ihrer Extinktion in den Phykochromoproteiden auf die Bildung derselben.

Hinter der gelben Folie müssen ähnliche Rasenfärbungen wie im vollen Tageslicht auftreten, denn sie läßt ja beiderseits λ 595 liegende Wellenlängen durch. Hinter blauem Glas sind die grünen Strahlen offenbar die wirksamsten; doch mögen auch die hier durchtretenden roten Strahlen nicht ganz ohne Wirkung sein. Im allgemeinen aber genügt schon die Vorherrschaft einer Lichtfarbe, um einem der beiden Farbstoffe den Vorrang zu sichern, wie es auch die orangerote Folie erweist.

Die komplementäre chromatische Adaptation ordnet sich also nach dem Vorgesagten ungezwungen in eine Gruppe von Erscheinungen ein, welche man vielleicht passend als „Autosensibilisierungen" bezeichnen könnte. Denn der entstehende Farbstoff selbst beschleunigt wie ein Sensibilisator durch sein Lichtabsorptionsvermögen die zu seiner Bildung führenden Prozesse. Bei den von WIENER als Farbenanpassung, von GAIDUKOV als chromatische Assimilation benannten Vorgängen arbeitet hingegen die absorbierte Lichtenergie direkt auf die Zerstörung des lichtabsorbierenden Körpers selbst hin. Letztere

Vorgänge sind daher physikalisch-chemisch durchsichtiger, die Zerstörung des Chlorophylls in einer grünen Pflanze durch Sonnenlicht wird sich in ihrem Chemismus nicht wesentlich von der Bleichung von Chlorophyllösungen bei intensiver Belichtung unterscheiden. Den Farbenwechsel lebender Schizophyceen im farbigen Lichte konnte ich jedoch in Übereinstimmung mit Gaidukov an toten Algen, geschweige denn an wässrigen, aus denselben hergestellten Extrakten bei An- oder Abwesenheit des Organpulvers nicht erzielen. Die Beobachtung, daß violett gefärbte, wässrige Auszüge im Lichte wie im Dunkeln phykoerythrinfarben werden, führt sich auf eine raschere Zerstörung des Phykocyans zurück, wie ich a. a. O. erwähnt habe (Boresch V). Eine für das Auge sichtbare Mengenzunahme eines Farbstoffes im Lichte, welche eben für den Prozeß der komplementären chromatischen Adaptation das Kennzeichnende ist, konnte bisher ohne lebendes protoplasmatisches Substrat nicht nachgewiesen werden. Vorläufig haben wir daher in den Gros'schen Versuchsergebnissen bloß ein auffälliges Analogon zu erblicken.

Aus diesen Ausführungen ergibt sich, daß für das Zustandekommen des Gaidukov'schen Phänomens der Besitz von beiden wasserlöslichen Farbstoffen oder wenigstens die Fähigkeit zu deren Ausbildung notwendig ist. Deshalb besitzen die typisch spangrünen Arten, welche nur das blaugrüne Phykocyan führen, dieses Vermögen nicht und es wird andererseits auch jenen Formen abgehen, welche ausschließlich Phykoerythrin enthalten.

Unter den vielen Arten, welche sich nicht adaptieren, gibt es aber nun eine ganze Reihe von Formen, welche nichtsdestoweniger Phykocyan und Phykoerythrin führen; dies scheint fürs erste der eben gegebenen Deutung der komplementären chromatischen Adaptation zu widersprechen. Führen wir uns aber einmal die physiologisch ähnlichen, das Chlorophyll betreffenden Tatsachen, welche besser bekannt sind, vor Augen! Einmal gibt es Pflanzen, welche auch im Dunkeln Chlorophyll ausbilden, bei welchen natürlich eine Beziehung der Chlorophyllbildung zur Lichtfarbe nicht bestehen braucht. So wären auch Schizophyceen denkbar, bei denen die wasserlöslichen Farbstoffe gleichfalls unabhängig vom Lichte ausgebildet würden, daher im Lichte verschiedener Wellenlänge keine Zunahme erfahren müßten. Zweitens aber steht die günstige Wirkung des roten Lichtes z. B., nur für die Chlorophyllbildung bei höheren Pflanzen fest, die Menge des einmal gebildeten Chlorophylls scheint bei Beleuchtung mit farbigem Licht nicht mehr wesentlich geändert zu werden. Und so wäre es auch denkbar,

daß Schizophyceen, welche noch im Vollbesitz ihrer Farbstoffe stehen, eine Beeinflußbarkeit des Mengenverhältnisses derselben nicht erkennen lassen, wohl aber im Zustand der N-Chlorose die erörterte Beziehung der Farbstoffbildung zur Lichtqualität zeigen. Beide Möglichkeiten lassen sich experimentell prüfen und ich hoffe später einmal darüber berichten zu können.

Ist schon innerhalb der Schizophyceen eine Verallgemeinerung des Adaptationsvermögens nicht angängig, nicht einmal für alle Phykocyan- und Phykoerythrinhaltigen Arten möglich, so ist eine Übertragung der hier erlangten Kenntnisse auf andere Pflanzengruppen, welchen die wasserlöslichen Begleitfarbstoffe des Chlorophylls abgehen, wie es O. Zacharius und Schorler getan haben, sehr bedenklich. Nicht jede Farbenänderung darf gleich in diesem Sinne gedeutet werden; darüber müssen Experimente entscheiden. Nur die Rhodophyceen, welche gleichfalls Phykocyan und Phykoerythrin besitzen, dürften vielleicht hinsichtlich ihres Adaptationsvermögens ähnliche Verhältnisse wie die Schizophyceen bieten, doch darüber später (S. 53).

Findet durch die hier gegebene Deutung der Einfluß der Lichtqualität auf die Färbung gewisser Cyanophyceen eine einleuchtende Erklärung, so ist doch nochmals die Frage kurz zu streifen, ob nicht wenigstens in bestimmten Fällen auch Variationen der Lichtintensität einen Farbenwechsel bei Cyanophyceen hervorrufen können. Starke Schwächung des Tageslichtes (X. Versuch) vermag einen solchen nicht herbeizuführen, wohl aber könnte sehr intensives Licht in diesem Sinne wirken, und es gibt Tatsachen, welche den Bestand einer solchen Wirkung möglich erscheinen lassen. Es handelt sich aber dabei durchwegs um Prozesse, welche als Bleichwirkungen des Lichtes oder Photolysen bezeichnet werden können, und vom Standpunkt der intakten Pflanze betrachtet, pathologischer Natur sind. Von grüngefärbten Schattenpflanzen ist es bekannt, daß sie bei der ihnen zusagenden geringen Lichtintensität viel lebhafter gefärbt sind als bei Besonnung. Viele auf eine geringe Lichtmenge gestimmte Rotalgen bleichen, wenn die Energie der Sonnenstrahlung gegen den Sommer zu steigt, oder auf sonnigen Plätzen aus, können aber, wenn sie rechtzeitig unter günstige Lichtverhältnisse kommen, ihre normale Farbe wieder herstellen. Vor der Zerstörung des Farbstoffes aber können ziemlich gesetzmäßige Änderungen in der Nuance der Färbung, schwärzliche oder blaugrüne Färbungen auftreten. Viele Rhodophyceen besitzen neben dem Florideenrot auch Phykocyan; bei hohen Sonnenstand liegt nun das Energiemaximum

der Sonnenstrahlung etwa im Gelbgrün; es könnte daher schon intensive Besonnung genügen, um das vornehmlich die gelbgrünen Strahlen absorbierende Phykoerythrin rascher als das Phykocyan zu zerstören, wodurch natürlich Übergangsfärbungen hervorgerufen werden müßten. — Daß auch die Cyanophyceen durch direktes Sonnenlicht in ganz ähnlicher Weise geschädigt werden, hat Nadson (II) nachgewiesen, und weil es auch viele Schizophyceen gibt, welche Phykocyan und das ihnen eigentümliche Phykoerythrin führen, so wäre auch das Auftreten von Zwischenfärbungen, hervorgerufen durch intensives Licht, bei dieser Algengruppe denkbar. Ebenso wie rotes Licht z. B., die Chlorophyllbildung nur bis zu einem gewissen Maximum fördert, darüber hinaus aber seine bleichende Wirkung auf dasselbe ausübt — ganz Analoges fand auch Gros für die Triphenylmethanfarbstoffe —, so dürfte auch die Bildung der wasserlöslichen Schizophyceenpigmente mit steigender Intensität des komplementären, also am stärksten absorbierten Lichtes durch ein Maximum gehen, über welches hinaus dieselbe Lichtgattung, welche die Entstehung des betreffenden Farbstoffes gefördert hat, ihn zerstört. Die roten Strahlen würden dann das Phykocyan rascher zerstören als das Phykoerythrin, die grünen Strahlen umgekehrt wirken, und es müßte so ein Farbenwechsel auftreten, welcher dem bei der komplementären chromatischen Adaptation beobachteten gerade entgegengesetzt wäre.

Die biologische Bedeutung der komplementären chromatischen Adaptation.

Wenn auch durch die vorangegangenen Erörterungen die komplementäre, chromatische Adaptation den Charakter einer einzig dastehenden Erscheinung, welche einen besonderen Namen rechtfertigen würde, im Hinblick auf ihr Zustandekommen verliert, so bleibt doch die Frage, ob dieser Farbenwechsel eine „Adaptation“, eine nützliche Anpassung an die geänderten Außenbedingungen, also eine biologische Zweckmäßigkeit darstellt, davon unberührt.

Diese Frage steht und fällt mit unserer Ansicht über die Rolle der Begleitpigmente des Chlorophylls bei der CO_2-Assimilation. Obwohl es heute außer allem Zweifel feststeht, daß die Reduktion der CO_2 im Lichte an die Gegenwart des Chlorophylls gebunden ist, so ist es doch noch immer unentschieden, ob es hierbei bloß als

Sensibilisator fungiert oder ob es in diesen Prozeß direkt chemisch eingreift, oder ob beide Möglichkeiten gleichzeitig realisiert sind.

Von den gelben Pigmenten, welche als regelmäßige Begleiter des grünen Blattfarbstoffs die ungeheure Verbreitung desselben teilen und mit demselben vermengt auftreten, wurde vielfach (Engelmann, Stahl u. a.) angenommen, daß sie irgendwie an der Assimilation beteiligt seien, obwohl kein einwandfreier Fall bekannt geworden ist, wo sie allein, ohne Hinzutreten des Chlorophylls die CO_2-Reduktion im Lichte bewerkstelligt hätten. Versuche, an etiolierten Pflanzen diese Frage zu entscheiden, scheitern an der sofort mit der Belichtung einsetzenden Chlorophyllbildung, und auch die N- und Fe-Chlorose von Schizophyceen, bei welcher das Wachstum und natürlich auch die Assimilation der nurmehr gelbe Farbstoffe führenden Zellen eingestellt ist, was Magnus und Schindler als ökologische Zweckmäßigkeit darzustellen suchten, kann nicht als Argument für die Bedeutungslosigkeit derselben bei der Photosynthese angesehen werden; denn es handelt sich hier um einen allgemeinen pathologischen Zustand der Pflanzenzelle. Es könnten aber die gelben Pigmente, abgesehen von ihrer eventuell chemischen Beteiligung, einfach als Sensibilisatoren tätig sein, weil ihnen ein starkes Absorptionsvermögen für die blauen und violetten Strahlen eigen ist, wie es z. B., Stahl annimmt. Doch ist dabei nicht zu vergessen, daß auch das Chlorophyll selbst für diese Strahlen ein hohes Absorptionsvermögen etwa bei der Linie G besitzt (Iwanowski, E. Pringsheim II). Gerade die starke Absorptionsfähigkeit der gelben Farbstoffe für kurzwelliges Licht hat die eben genannten Forscher veranlaßt, sich gegen die Hilfsrolle der gelben Farbstoffe bei der CO_2-Assimilation auszusprechen. Iwanowski stützt sich dabei auf die vergeblichen Bemühungen früherer Autoren, eine solche nachzuweisen, Pringsheim weist auf die Koinzidenz von Chlorophyllvorkommen und Fähigkeit zur Photosynthese hin. Iwanowski sieht in den gelben Farbstoffen einen Lichtschirm zur Unschädlichmachung der die Photolyse des Chlorophylls vornehmlich verursachenden blauvioletten Strahlen, Pringsheim glaubt, daß sie durch ihre starke Absorption im Blau die assimilatorische Wirksamkeit des Chlorophylls herabdrücken. Auch Willstätter spricht sich für die Bedeutungslosigkeit der gelben Pigmente für die CO_2-Reduktion aus.

Was aber die blauen und roten, wasserlöslichen Pigmente der Schizophyceen und Rhodophyceen anbelangt, so besitzen sie zwar nicht die weite Verbreitung der vorgenannten Farbstoffe, weisen dagegen mannigfache, sehr auffällige Ähnlichkeiten mit dem Chlorophyll auf,

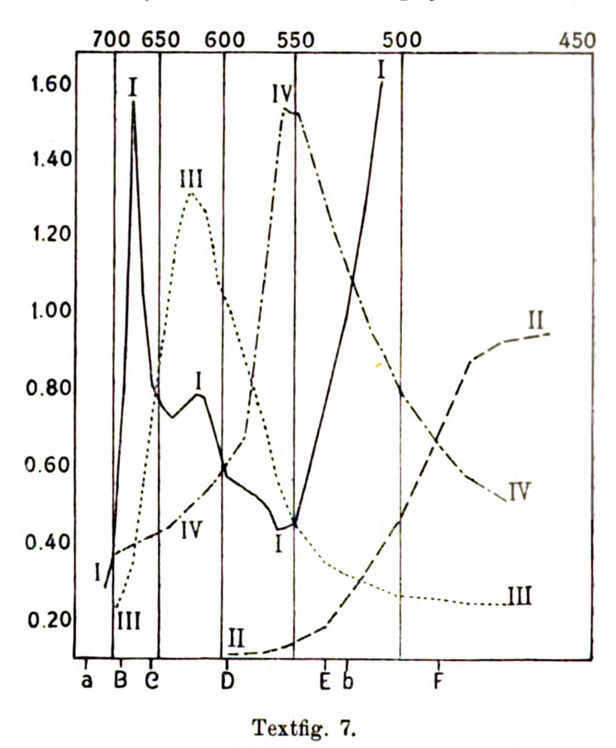
welche den gelben Farbstoffen wiederum abgehen, so daß m. E. ihre Deutung als Hilfs- oder Auxiliarpigmente besser fundiert erscheint als die der gelben. Solche Analogien zu den Eigenschaften des Chlorophylls sind folgende. All den wasserlöslichen Farbstoffen der Schizophyceen und Rhodophyceen kommt eine sehr lebhafte Fluoreszenz zu, eine Eigentümlichkeit, aus welcher verschiedene Forscher wie z. B. Hanson ihre das Chlorophyll unterstützende Funktion bei der CO_2-Assimilation ableiten. Wie das Chlorophyll soll auch das Phykoerythrin eine Transformation der blaugrünen Strahlen in solche größerer Wellenlänge besorgen, vorausgesetzt, daß das Phykoerythrin auch im lebenden Chromatophor fluoresziert. Ihre Bildung ist wie die des Chlorophylls, wenigstens soweit meine Erfahrungen reichen, vom Lichte abhängig, und zwar sind dabei vor allem jene Lichtstrahlen beteiligt, welche von diesen Farbstoffen am stärksten absorbiert werden (Autosensibilisierung). Weiters erscheint der Abbau der Phykochromoproteide bei der N- und Fe-Chlorose von Schizophyceen mit dem des Chlorophylls gekoppelt. Durch intensives Licht werden sie in gleicher Weise wie das Chlorophyll zerstört; es wird Aufgabe weiterer Untersuchungen sein, nachzusehen, ob, wie zu erwarten, auch an diesen photolytischen Reaktionen die Strahlen nach Maßgabe ihrer Absorption beteiligt sind (Dangeard II). Ein weiteres Argument zugunsten der Anteilnahme der Phykochromoproteide an der CO_2-Assimiliation ist die innige Vermengung derselben mit dem Chlorophyll im lebenden Substrat des Chromatophors, ein Moment, welches allerdings auch für die gelben Farbstoffe zutrifft. Endlich erbrachten die noch heute bewunderungswürdigen, wenn auch einer Nachprüfung dringend bedürftigen Versuche Engelmann's (I, II) eine gewichtige Stütze zugunsten dieser Anschauung; sie zeigten das Zusammenfallen der Absorptions- und Assimilationsmaxima außer bei grünen, auch bei blaugrünen und roten Zellen, woraus Engelmann sein berühmtes Gesetz $E_{abs} = E_{ass}$ abgeleitet hat. Die Assimilationsmaxima liegen nach seinen Angaben für grüne Zellen bei λ 680 und 486; für blaugrüne bei λ 622 und für rote bei λ 572, also gerade dort, wo das Extinktionsvermögen der Phykochromoproteide am größten ist. Auch Dangeard (III) will eine günstige Wirkung der orangeroten Strahlen auf das Wachstum eines Phormidiums im Spektrum gesehen haben. Es sprechen also nicht wenige Punkte zugunsten der Annahme, daß die Phykochromoproteide beim assimilatorischen Prozeß zu mindest als Sensibilisatoren wirksam sind, eine Ansicht, welche auch von Kylin (IV) geteilt wird.

Gegen diese Anschauung wandten sich meines Wissens nur wenige Autoren. A. Hansen sah grünwerdende Florideen nahe der Oberfläche lebhaft assimilieren, und er meinte daher, daß der rote Farbstoff für das Assimilationsgeschäft nicht nötig sei; weil er andererseits in größeren Tiefen mit erschwerter O-Versorgung auftrete, könne er als Atmungspigment angesehen werden — wohl ein vorschneller Schluß, wenn man die großen Unterschiede in der Lichtintensität an der Oberfläche und in der Tiefe, im Licht und im Schatten bedenkt. Gegen die Engelmann'sche Beziehung zwischen Farbe und Assimilation wandte sich in neuerer Zeit A. v. Richter, gegen dessen Versuche sich jedoch schwere Bedenken erheben, welchen zum Teil schon Kniep in einem Referate (Zeitschr. f. Bot. 5 (1913) p. 123) Ausdruck gegeben hat. Die Vermutungen E. Pringsheim's betreffs des nachteiligen Einflusses der gelben Farbstoffe auf die Assimilationsgröße lassen sich auf die wasserlöslichen Begleitpigmente der Rot- und Spaltalgen jedenfalls nicht ausdehnen; denn es hätte keinen Sinn, daß eine Alge in der Tiefe des Meeres oder sonst an lichtarmen Orten Phykoerythrin ausbildete, wenn dadurch ihre assimilatorische Leistung noch mehr herabgedrückt würde. Die Vorstellung, daß solchen Pflanzen gerade durch den Besitz von Begleitpigmenten das Leben an derartigen Lokalitäten ermöglicht wird, erscheint überaus plausibel.

Wie ausgezeichnet das Phykocyan und das Schizophyceenphykoerythrin durch sein Absorptionsvermögen das des Rohchlorophylls (Chlorophyll + gelbe Pigmente) ergänzt, zeigt die umstehende Textfigur 7, in welcher die Kurve III (wässriger Auszug aus *Phormidium laminosum* var. *aeruginea*) die Absorption des blaugrünen Phykocyans, Kurve IV (*Phormidium luridum* var. *fusca*) die des Schizophyceenphykoerythrins, Kurve I die eines Alkoholischen Extraktes aus Schizophyceen darstellt, welches also Chlorophyll und die gelben Pigmente enthält; die Absorption der gelben Pigmente allein, welche nach Verseifung des Chlorophylls mit Äther ausgeschüttelt wurden, stellt Kurve II dar. Das alkolische Extrakt läßt nur die Maxima I und II des Chlorophylls erkennen, andere kamen bei der spektrophotometrischen Messung wohl infolge der verhältnismäßig geringen Chlorophyllkonzentration der verwendeten Lösung nicht zum Ausdruck. In dieser Form hat meine Kurve viel Ähnlichkeit mit der von Iwanowski (III) abgebildeten Kurve des Rohchlorophylls. Der steile Anstieg der Chlorophyllkurve bei ca λ 550 ist hauptsächlich durch die etwa hier beginnende Absorption der gelben Farbstoffe (Kurve II) bedingt. Die hohe Konzentration der gelben Pigmente,

welche den Schizophyceen anscheinend weit verbreitet zukommt, verhinderte die spektrophotometrische Ermittlung der Extinktionskoeffizienten des Chlorophylls über λ 508 hinaus.

Wie man aus diesem Kurvendiagramm ersieht, fallen gerade die starken Absorptionsfelder der Phykochromoproteide in das von der Rohchlorophyllkurve ausgesparte Feld. Wenn also eine Alge die beiden wasserlöslichen Farbstoffe besitzt, dann vermag sie, die sensibilisatorische Wirkung derselben vorausgesetzt, gerade jene Strahlen auszunützen, welche vom Chlorophyll am stärksten durch-



Textfig. 7.

gelassen werden. Diese interessante Koinzidenz fordert geradezu eine ökologische Erklärung heraus. Eine nur phykocyanhaltige Spaltalge wird die roten und orangefarbenen Strahlen, eine nur Phykoerythrin führende die gelbgrünen und grünen Strahlen besser als eine nur Chlorophyll besitzende Alge verwerten können; wenn aber eine Schizophycee beiderlei Farbstoffe enthält, dann ist sie auf eine besonders ökonomische Ausnützung fast des gesamten sichtbaren Lichtes eingestellt, und das ist vielleicht der Grund, daß es nicht wenige Formen unter den schattenliebenden Schizophyceen

gibt, welche beiderlei Farbstoffe führen. Und wenn schließlich eine solche Spaltalge die Fähigkeit besitzt, das Mengenverhältnis ihrer Phykochromoproteide nach der Farbe des einfallenden Lichtes abzuändern, so stellt diese komplementäre chromatische Adaptation den höchsten Grad der Anpassung vor. In der Literatur ist öfters die Rede davon, daß der Besitz von Phykoerythrin die Ausnützung der grünen und blauen Strahlen gewährleistet. Trifft dies auch für die Florideen zu, welche ein Phykoerythrin führen, das vermöge seines Absorptionsmaximums bei F noch die blauen Strahlen verschluckt, so gilt dies nicht für die Schizophyceen, in welchen ich bisher ausnahmslos ein Phykoerythrin nachweisen konnte, welches für die blauen Strahlen kein sonderliches Absorptionsvermögen mehr aufweist.

Es frägt sich nun, ob ein solches Adaptationsvermögen, dessen Bedeutung Gaidukov (VII) für den „Kampf ums Dasein" in Mischkulturen darzulegen versucht hat, auch in der Natur den Algen nützlich ist, ob und wo in der Natur ähnliche Lichtverhältnisse wie im Experiment sich ergeben, Fragen, welche sich bekanntlich schon Engelmann vorgelegt und beantwortet hat. Und wenn hier diese Angelegenheit nochmals berührt wird, so geschieht es in der Absicht einer möglichst allgemeinen Behandlung dieser Fragen auf Grund der heute bekannten Tatsachen. Daß ein grünes Blatt keine Einrichtungen besitzt, um das Tageslicht durch vollständigere Absorption besser auszunützen, erklärt sich wahrscheinlich daraus, daß es nur einen Bruchteil der von ihm aufgefangenen Lichtenergie infolge des geringen CO_2-Gehaltes des Atmosphäre für photochemische Arbeit verwerten kann (Blackman). Die grüne Farbe des Laubblattes, seine geringe Absorption für grünes Licht, erklärte bekanntlich Stahl dahin, daß die Pflanze schwache Belichtung nach Kräften ausnützen und die Gefahren zu starker Absorption vermeiden muß, während lange vor ihm Dubois und Liesegang dieselbe aus der in früheren erdgeschichtlichen Epochen andersartigen Sonnenstrahlung abzuleiten versuchten. Jedenfalls aber genügt das partielle Absorptionsvermögen des Chlorophylls eines Blattes weitaus, um ihm die zur Reduktion der verfügbaren Kohlensäure notwendige Energie zu beschaffen.

Diese Verhältnisse aber verschieben sich wesentlich bei untergetauchten Pflanzen. Nach vielfachen Untersuchungen (Ältere Literatur bei Engelmann I, ferner Hüfner, Aschkinass, Aufsess) absorbiert das Wasser mit zunehmender Schichtdicke die Strahlen vom langwelligen gegen das kurzwellige Ende des Spektrums zu, so daß in der Tiefe die letzteren vorherrschen. Dies hat bekanntlich

Engelmann zu der sehr plausiblen Ansicht geführt, daß die roten Algenformen in großer Wassertiefe das dort herrschende Licht besser auszunützen imstande sind als die grünen Algen. Und in der Tat sprechen verschiedene Befunde zu ihren Gunsten. Zunächst seien nur die Schizophyceen ins Auge gefaßt. Nadson (I) fand Spaltalgen im tiefen Wasser rot, im flachen grün. Sauvageau (I, II) dredschte aus 35 m Seetiefe unter anderem Material 5 Schizophyceen *(Lyngbya majuscula, L. sordida, Oscillatoria miniata, O. amphibia, O. Cortiana)*, welche insgesamt gleichmäßig rot gefärbt waren und diese Farbe wie rote Rassen in einem seichten Aquarium lange Zeit behielten.

Warum sind aber auch manche im seichten Wasser vorkommende Spaltalgen ± rot gefärbt wie z. B. das braunrote oder braunviolette *Phormidium luridum* var. *violacea?* Ich habe dasselbe wiederholt gefunden, stets aber inmitten eines dichten Gewirres verschiedener, grün oder blaugrün gefärbter Algen. Vermutlich findet dieses *Phormidium* gerade hier in dem vorherrschend grünen Lichte im Inneren eines solchen Algenknäuels günstige Existenzbedingungen dank seines Gehaltes an Schizophyceenphykoerythrin, welches besonders die grünen Lichtstrahlen absorbiert. Ferner könnten an der Unterseite von Schwimmblättern vegetierende Spaltalgen vornehmlich durch den Gehalt an Phykoerythrin befähigt sein, das durch ein solches Blatt tretende Licht noch zu verwerten. So könnte also der Besitz von Phykoerythrin nicht nur in größerer Wassertiefe lebenden, sondern unter Umständen auch gewissen Schizophyceen an der Oberfläche und im seichten Wasser durch seine Absorption der grünen Strahlen von Nutzen sein.

Die Ausbildung des blauen Phykocyans hinwiederum, welches vornehmlich die roten und orangeroten Strahlen absorbiert, hätte für in großer Wassertiefe lebende Algen, zu welchen solche Strahlen nicht mehr vordringen können, keinen Sinn, wohl aber könnte dieser Farbstoff das Chlorophyll bei der Absorption des zu gewissen Tageszeiten vorherrschenden langwelligen Lichtes geringer Intensität bei Oberflächenformen unterstützen.

Aber auch das Vorhandensein von Phykochromoproteiden in Schizophyceen überhaupt ist m. E. einer Deutung zugänglich. Diese Algen sind fast durchwegs typische Schattenbewohner, das beweist die leichte Zerstörbarkeit ihrer dunklen Pigmente durch direktes Sonnenlicht und ihre große Genügsamkeit im Hinblick auf die Beleuchtung, die ein jeder bestätigen kann, der solche Algen kultiviert hat. Im schwachen Lichte aber muß der Besitz eines roten oder blauen Pigmentes, welches gleichgültig, ob grüne oder rote Strahlen,

jedenfalls aber mehr Licht als das Chlorophyll allein absorbiert, nur von Vorteil sein. Das dürfte z. B. auch für das höchstwahrscheinlich zu den Spaltalgen gehörige *Porphyridium cruentum* zutreffen, dessen roter Farbstoff mit dem Schizophyzeenphykoerythrin identisch ist. Gerade dieser Fall steht, im Gegensatz zu der von Gaidukov (III) aufgestellten Behauptung durchaus nicht im Widerspruche mit den von Oltmann's entwickelten Anschauungen. Sauvageau (II) ist sogar geneigt, das Rotwerden mariner Oscillarien nicht auf komplementäre Farbenanpassung, sondern auf das in der Tiefe herrschende geschwächte Licht zurückzuführen. Ob Anpassung an die Lichtfarbe oder an die geringe Lichtintensität — eine Deutung braucht die andere nicht auszuschließen.

Ausdrücklich aber muß betont werden, daß nicht jede beobachtete Farbenänderung einer Schizophycee kurzer Hand als komplementäre chromatische Adaptation gedeutet werden darf. Der Einfluß der Lichtfarbe steht bisher nur für eine geringe Zahl derselben fest, nebst anderen Faktoren entscheidet darüber in erster Linie die Artzugehörigkeit, das Alter u. a. m.

Buder hat für die Purpurbakterien zeigen können, daß die Beziehungen zwischen Absorption und Wirkung des Lichtes auch für die taktischen Bewegungen derselben Gültigkeit haben. Sind auch die vorliegenden Studien darüber (Dangeard I, Pieper) für die Beurteilung dieser Frage bei Spaltalgen nicht ausreichend, so scheint es dennoch nicht unmöglich, daß auch die Phototaxis der Oscillarien mit der Lichtabsorption parallel geht.

Ausblick auf die Verhältnisse bei den Rhodophyceen.

Die Versuche, auch bei dieser Algenklasse das gewissen Schizophyceen zukommende Adaptationsvermögen nachzuweisen, sind leider noch sehr unzulänglich. Vielleicht wird es mir möglich sein, später diese Frage einer neuerlichen Prüfung zu unterziehen.

Es gibt eigentlich nur einen einzigen von Gaidukov (VII) an *Porphyra laciniata* ausgeführten Versuch, welcher zugunsten des Vorhandenseins einer Adaptationsfähigkeit zur Lichtfarbe bei Rhodophyceen spricht. *Porphyra* wurde bei Bestrahlung mit dem spektral zerlegten Lichte einer Schuckert'schen Lampe in Bereich der roten und gelben Strahlen grün und blieb in den Strahlen kürzerer Wellenlänge purpurrot. Dieses Ergebnis könnte an der Hand der an

Schizophyceen gewonnenen Erkenntnis sehr gut erklärt werden. Denn auch *Porphyra laciniata* dürfte wie die von Kylin (III) untersuchte *Porphyra hiemalis* neben dem Florideenrot auch Phykocyan führen; dann ließe sich die Grünfärbung im Rot und Gelb auf eine Zunahme des Phykocyans zurückführen; in den grünen und blauen Strahlen kann sich eine von der Norm abweichende Färbung nicht einstellen, denn auch eine Vermehrung des Phykoerythrins in diesem Spektralbezirk könnte an der ohnehin roten Farbe der Alge kaum etwas ändern.

Der vielen Rhodophyceen eigentümliche Besitz von Phykocyan neben Phykoerythrin läßt von künftigen Untersuchungen die Bestätigung solcher Befunde erhoffen, doch kann es sich auch bei den Florideen nicht um eine allgemein verbreitete Eigentümlichkeit handeln. Dies zeigen schon die Versuche Oltmanns (1), welcher sich vergeblich bemühte durch verschiedenfarbige Beleuchtung einen qualitativen Farbenwechsel bei *Polysiphonia nigrescens* und *Rhodomela subfusca* zu erzielen. Auch Heilbronn, welcher *Sphaerococcus coronopifolius* in verschiedenen Meerestiefen kultivierte, konnte das Vorhandensein einer Farbenanpassung bei dieser Alge nicht feststellen.

Mit *Batrachospermum moniliforme* (L.) Roth, welches ich aus der Umgebung von Prag eingebracht habe und auch aus Hirschberg i. B. durch die dankenswerte Bemühung des Prof. Dr. V. Langhans zugeschickt bekam, stellte ich selbst einige Versuche an. Ein Teil des Materials gelangte am 26. April 1920 in 3 Aquarien, von denen eines im vollen Tageslicht verblieb, die anderen in kleine Zimmergewächshäuschen aus rotem bzw. grünem Glas gestellt wurden. Die Alge besaß zu Beginn des Versuches einen olivgraugrünen Farbenton. Derselbe war auch nach 14 tägiger Versuchsdauer überall erhalten, nur machten sich bereits Absterbeerscheinungen bemerkbar. In einem anderen Versuche gelang es mir, das *Batrachospermum* durch viele Wochen am Leben zu erhalten. Ich brachte mit B. bewachsene Steine in eine im Freiland aufgestellte, lange niedrige Zinkblechwanne ein, durch welche ein ziemlich starker Strom von Leitungswasser ununterbrochen geleitet wurde; über die Wanne wurden verschieden gefärbte Glasscheiben gelegt. Aber auch bei dieser langen Versuchsdauer (Anfang Mai bis Ende Juni) konnte ich keinen Farbenwechsel feststellen, überall behielt die Alge ihre ursprüngliche olivgraugrüne Färbung, trotzdem sie Phykocyan und Phykoerythrin besitzt, wie Kylin (III) nachgewiesen hat.

Wiederholt findet sich in der Literatur die Tatsache vermerkt, daß in der Meerestiefe rot gefärbte Florideen an der Oberfläche des

Meeres grün werden (BERTHOLD, NADSON I, SVEDELIUS, SAUVAGEAU III). Dieses Ergrünen hängt vielleicht damit zusammen, daß an der Oberfläche nunmehr auch die langwelligen Strahlen zur Geltung kommen und auf eine Vermehrung des Phykocyans hinarbeiten, so daß ein Fall von komplementärer chromatischer Adaptation vorläge (NADSON II). Doch wäre es, wie mir scheint auch denkbar, daß das Ergrünen solcher Algen auf einer Zerstörung des nur bei geringer Lichtintensität bildungsfähigen und gebildeten Phykoerythrins durch das an der Oberfläche herrschende starke Licht, besonders durch den gelbgrünen von diesem Farbstoff vornehmlich absorbierten Anteil des Sonnenlichtes beruht, eine Vorstellung, welche auch SAUVAGEAU (III) erwogen haben dürfte. Als komplementäre chromatische Adaptation bei Rhodophyceen könnten heute, insolange diese Frage noch nicht mit Erfolg experimentell bearbeitet ist, nur solche Vorkommnisse angesehen werden, wo an der Oberfläche ± grün gefärbte Florideen in der Tiefe rot werden.

Die rote Farbe der Rhodophyceen ist für an der Oberfläche vorkommende Formen bei heller Beleuchtung gewiß bedeutungslos (ENGELMANN, BLACKMAN), vielleicht sogar schädlich (STAHL); dagegen scheint sie von großem Vorteil bei jenen Formen zu sein, welche aus der Tiefe emporsteigend, sich an schattigen Orten z. B. in Grotten (OLTMANNS II, SAUVAGEAU III) nahe der Oberfläche ansiedeln und ihre rote Farbe bewahren. Während aber STAHL auch hierin eine Anpassung an das diffuse Licht des blauen Himmels erblicken möchte, diesen Gedanken von ENGELMANN (I) übernehmend, scheint der Sachverhalt einfach so zu liegen, daß solche Algen durch den Besitz des Begleitpigmentes eben in den Stand gesetzt werden, das ihnen zur Verfügung stehende schwache Licht vollständiger auszunützen. Das häufige Nebeneinandervorkommen von Phykoerythrin und Phykocyan bei den schattenliebenden Florideen stellt wie bei den Schizophyceen nach meiner Meinung eine Einrichtung zur möglichst weitgehenden Auswertung schwachen Lichtes vor. Was speziell das blaue Phykocyan der nahe der Oberfläche lebenden Algen betrifft, so könnte seine Gegenwart für solche ohnedies schon an lichtschwachen Orten vorkommenden Rhodophyceen einen Gewinn bedeuten, weil sie durch ihn in den Stand gesetzt werden, die in den Morgen- und Abendstunden vorherrschenden langwelligen Strahlen besser auszunützen und so ihr Assimilationsgeschäft um einige Stunden im Tage zu verlängern, wie dies jüngst FISCHER für chlorophyllgrüne Pflanzen auseinandergesetzt hat. In der Tiefe aber stellt die rote Farbe des Phykoerythrins eine offenkundige An-

passung an die bis dorthin gelangenden grünen und blauen Strahlen vor. Deshalb steigen „Algen, welche den stärksten Schatten am Niveau des Wassers aufsuchen, auch am weitesten in die Tiefe hinab“ (Oltmanns II).

Wie man aus diesen Ausführungen ersieht, sind die Ansichten, die Begleitpigmente, insbesondere das Phykoerythrin der Rotalgen, stellen eine Anpassung einmal an die Lichtfarbe, das andere Mal an die geringe Lichtintensität vor, sehr gut miteinander vereinbar. Engelmann und besonders Gaidukov sind aber in der Generalisierung sicher zu weit gegangen. Nicht jede Färbungsverschiedenheit oder Farbabänderung darf als zweckmäßige Anpassung im Sinne der komplementären chromatischen Adaptation gedeutet werden, was Oltmanns mit Recht betonte. Die von Oltmanns (II) gestellte Frage, „weshalb sind verschiedene Vertreter der Gruppe verschieden gefärbt, obwohl sie am gleichen Orte wachsen?“ ist schon z. T. wenigstens durch Kylin (III, IV) beantwortet worden, welcher zeigen konnte, daß die mannigfaltigen, vom reinen Florideenrot abweichenden Färbungen gewisser Arten durch die Beimengung von Phykocyan zu erklären sind. Neben der Specieseigentümlichkeit hängt die Farbe der Rotalgen auch von der Lichtintensität ab. Wie die Schizophyceen blassen auch die Rotalgen im grellen Lichte aus und nehmen schließlich ± gelbbraune Färbungen an. Vielleicht hängt dies gerade mit der Gegenwart von Begleitpigmenten und der daraus sich ergebenden hohen Lichtabsorption zusammen. Die reichliche Ausbildung von Schutzeinrichtungen gegen hohe Lichtintensitäten erscheint verständlich. Eine verschieden rasche Zerstörung der Rhodophyceenpigmente kann natürlich, wie schon erwähnt, das Auftreten von Zwischen- und Übergangsfärbungen (Berthold I) im Gefolge haben. Diese Erscheinung hat aber mit der Adaptation nichts gemein, wie später auch wiederholt von Oltmanns, Sauvageau u. a. betont wurde. Ob auch Ernährungseinflüsse die Färbung der Rotalgen mitbestimmen, wissen wir heute noch nicht.

Auf Grund der hier entwickelten Gesichtspunkte kann von einer strengen Tiefenverteilung der verschieden gefärbten Algen im Sinne Ørstedts etwa nicht die Rede sein. Ohne weiteres ist aber zuzugeben, daß die phykoerythrinführenden Algen besonders an das Leben in der Tiefe im Bereiche der Vorherrschaft der grünen und blauen Strahlen angepaßt sind. Wenn Engelmann davon spricht, daß die roten Formen in der Tiefe, wo blaugrünes Licht herrscht, im „Kampfe ums Dasein“ den grünen Formen gegenüber im Vorteil sind, so muß man Sauvageau (III) beipflichten, wenn er sagt, daß

dieser Ausdruck übertrieben und wenig genau sei. Denn die tieferen Regionen des Meeres sind den grünen Algen, welche nicht die Fähigkeit besitzen, Phykoerythrin auszubilden, eben verschlossen. Umgekehrt können die roten Algen auch in größter Nähe des Meeresspiegels den nur chlorophyllführenden gegenüber an stark beschatteten Orten sogar im Vorteil sein, weil sie die verfügbare Lichtenergie vollkommener auswerten. Die Lichtfarbe spielt somit bei der Tiefenverteilung der Algen nur die Rolle, daß rote Algen in großer Tiefe noch gut fortkommen, die durch die Begleitpigmente erhöhte Absorptionsfähigkeit der Rhodophyceen aber gestattet, daß sie sich auch an lichtschwachen Orten zunächst der Oberfläche ansiedeln können, wobei eine etwaige durch den Besitz von Phykocyan gegebene Adaptationsfähigkeit an die roten Strahlen des Tageslichtes nur von Vorteil sein kann.

Zur Frage der Vererbbarkeit experimentell erzeugter Verfärbungen.

Gaidukov will an *Oscillatoria sancta* und *caldariorum* beobachtet haben, „daß die einmal unter dem Einfluß farbigen Lichtes künstlich erzeugte neue Färbung und Farbstofferzeugung sich auch nach Rückversetzung der Fäden in weißes Licht monatelang weiter erhalten kann, und wie es scheint nicht bloß in denselben Zellen, in denen die Farbenänderung früher erzeugt war, sondern — was besonders wichtig — auch in jüngeren, von diesen abstammenden Zellgenerationen, welche dem farbigen Lichte gar nicht ausgesetzt waren". Engelmann und Gaidukov erblicken darin einen Beweis für die Vererbung erworbener Eigenschaften. Die im grünen Licht braungelb gewordene *Oscillatoria sancta* z. B. wuchs im diffusen weißen Tageslicht mit derselben Farbe weiter, welche so gesättigt war, daß man nicht annehmen durfte, daß sich der während der Einwirkung des grünen Lichtes gebildete Farbstoff nur erhalten und über eine größere Zahl von Zellen verteilt habe, sondern schließen mußte, daß eine dauernde Neubildung des braungelben Farbstoffes auch in den neu zugewachsenen Zellen stattfand (Engelmann IV).

Auch ich ging allerdings mehr gelegentlich dieser interessanten Frage nach. Zunächst seien einige Beobachtungen an *Phormidium laminosum* var. *olivaceo-fusca* mitgeteilt. Die im I. Versuch ver-



wendete Plattenkultur, in welcher im spektralen Rot ein grün gefärbter Streifen aufgetreten war, wurde am 1. August nach nochmaliger Bespülung mit 0,1 m $NaNO_3$ dem diffusen Tageslicht im Gewächshaus ausgesetzt. Am 17. September war der Streifen nicht mehr erkennbar, der ganze Rasen, welcher auch sein vordem sistiertes Wachstum wieder aufgenommen hatte, war gleichmäßig olivgrün gefärbt. — Ein Stück der blaugrün und rotviolett verfärbten Agarplattenkultur des II. Versuches wurde am 29. Dezember ohne jeden Zusatz im feuchten Raum in diffuses Tageslicht gebracht und im Warmhaus aufgestellt. Schon am 3. Januar war eine leichte Bräunung der blaugrünen Rasenpartie zu bemerken, am 6. Februar war der ursprünglich rotviolette Teil des Rasens olivbraun, von derselben Farbe, welche auch im vollen Tageslicht erwachsene Kulturen besitzen, der grüne Teil olivgrün. Am 14. Februar war eine differente Färbung der beiden Teile nicht mehr zu beobachten, das ganze Stück war einheitlich olivbraun gefärbt. Wachstum konnte während der ganzen Zeit nicht beobachtet werden.

Microchaete tenera (?). Am 21. November 1920 wurden größere Rasenstücke der hinter der roten Folie blaugrün gewordenen Alge (XII. Versuch) a) in frische Nährlösung, b) in dest. Wasser übertragen. Aufstellungsort: Ein Westfenster des Laboratoriums. Trotz der schlechten Lichtverhältnisse dieser Monate waren beide Rasen am 26. Dezember olivgrün, am 31. Januar 1921 der in der Nährlösung befindliche olivbraun, der in dest. Wasser bräunlicholivgrün; jener war recht gut gewachsen, dieser hingegen zeigte kein Wachstum.

Microchaete calotrichoides (?). Größere Lagerstücke der hinter der roten Folie blaugrün, und hinter dem blauen Glas schwärzlich graugrün gefärbten Alge wurden am 21. November 1920 in frische Nährlösung und in dest. Wasser übertragen und an einem Westfenster des Laboratoriums der Einwirkung diffusen Tageslichtes ausgesetzt.

Der ursprünglich	blaugrüne		schwärzlichgraugrüne Rasen	
in	Nährlösung	dest. Wasser	Nährlösung	dest. Wasser
war am 26. Dez.	am Rand olivgrün, in der Mitte noch blaugrün	hellolivgrün	olivgrün wie im vollen Tageslicht	hellolivgrün
am 31. Jan. 1921	alle Rasen schwärzlicholivgrün wie die im voll. Tagesl. erwachs.			
Wachstum	gut	mittelmäßig	sehr gut	keines

Aus den hier mitgeteilten Versuchen kann man wohl ersehen, daß weder die Zuwächse, noch die alten Rasen ihre im farbigen Licht erworbene Färbung erhalten, und die Rückverfärbung zum normalen Farbenton der betreffenden Alge im Tageslicht geht ziemlich rasch

von statten. Mit Rücksicht auf das einheitliche Verhalten aller 3 untersuchten Arten scheint es mir unwahrscheinlich, daß sich *Oscillatoria sancta* in dieser Beziehung anders verhalten sollte; es liegt der Gedanke nahe, daß Gaidukov einem Irrtum (Stickstoffchlorose?) zum Opfer gefallen ist. Auch vom physikalischen Standpunkt erschiene es unvorstellbar, warum die im vollen Tageslicht enthaltenen grünen Strahlen z. B. nicht auch auf eine Vermehrung des Phykoerythrins hinarbeiten sollten, wie nach Passierung eines Lichtfilters.

Engelmann und Gaidukov sprachen die Vermutung aus, daß die jetzt an der Oberfläche des Meeres lebenden roten und gelben Algen die Nachkommen von Formen sind, welche diese Färbung in früherer Zeit in größeren Tiefen des Meeres unter dem Einflusse des dort herrschenden grünen bzw. blaugrünen Lichtes erwarben, und Brunnthaler modifizierte diese Ansicht, indem er die heutigen Rhodophyceen von Formen ableitet, welche sich an das schwächere Licht früherer Erdepochen, als die Erde noch von einem Wassermantel umhüllt war, angepaßt haben. Mag man über solche Hypothesen wie immer denken, jedenfalls verlieren sie ihre experimentelle Stütze durch den Nachweis der Nichtvererbbarkeit erworbener Färbungen.

Wenn sich die im farbigen Licht erworbenen Färbungen schon bei Rückversetzung in volles Tageslicht nicht behaupten, so wird solches noch viel weniger der Fall sein, wenn man umgefärbte Rasen — ich verwendete für diese Versuche nur das *Phormidium laminosum* var. *olivaceo-fusca* — aus dem die Umfärbung bewirkenden komplementären Licht in ein mit der neuen Algenfärbung $\pm$ gleichgefärbtes Licht bringt. Besonders bequem lassen sich derartige Versuche mit inverser Bestrahlung an den mit spektral zerlegtem Licht beleuchteten Agarplattenkulturen anstellen. Man braucht nur, nachdem der Farbenwechsel im spektralen Rot und Grün eingetreten ist, die Platte um 180° zu drehen und im Spektrum so zu justieren, daß die von der ersten Beleuchtung herrührende Grenze zwischen dem blaugrünen und violett gefärbten Rasenteil wieder möglichst genau mit dem sehr schmalen gelben Spektralbezirk zusammenfällt.

Der im II. Versuch im Spektrum verfärbte Rasen wurde am 29. Dezember in dieser Art umgekehrt beleuchtet. Schon am 3. Januar trat in dem durch die erste Bestrahlung rotviolett gefärbten Rasenstück ein grüner Streifen auf, dessen Intensität am nächsten Tag, an welchem der Versuch abgebrochen wurde, noch zugenommen hatte. In unmittelbarer Nachbarschaft des gelben Bezirkes, also im spek-

tralen Orange, hatte der rotviolette Rasen seine Farbe nicht geändert, was auf eine geringere Wirksamkeit dieser Strahlen auf die Phykocyanbildung gemäß ihrer schwächeren Absorption durch diesen Farbstoff hinweist. Völlig unverändert blieb das bei der ersten Beleuchtung im roten Licht blaugrün gefärbte Areal unter den jetzt einwirkenden grünen und blauen Strahlen. Offenbar währte die inverse Beleuchtung zu kurze Zeit, um auch hier die Umfärbung sichtbar zu machen.

Am 21. März wurde auch die im III. Versuch im Spektrum umgefärbte Agarplattenkultur mit demselben Spektrum invers beleuchtet. Am 25. März war wiederum im roten Spektralbezirk in dem ursprünglich rotvioletten, nunmehr zur Gänze etwas olivstichig gewordenen Rasen in einigem Abstand von der Grenze der beiden Areale ein deutlicher grüner Streifen bemerkbar. Am 2. April war aber auch im grünen Licht, und zwar im Gelbgrün, in dem sonst blaugrün gebliebenen Rasenstück ein violetter Streifen zu erkennen, gerade also in jenem Bezirk, wo die Absorption des Phykoerythrins am stärksten ist.

Am 1. November wurde eine im VI. Versuch hinter der roten Folie blaugrün gewordene Kölbchenkultur hinter das blaue Glas, und eine hinter diesem violettstichig-olivbraun gewordene Kultur hinter die rote Folie gestellt. Schon am 12. November wies letztere eine lebhaft grüne Farbe auf, während die erstere noch keine Farbenänderung erkennen ließ. Erst viel später machte sich auch an ihr eine Verfärbung nach Violett bemerkbar; dennoch verrät der am 24. April hergestellte wässrige Auszug aus diesem Rasen (Kölbchen Nr. 12 in der zum VI. Versuch gehörigen Tab. 16 S. 31) durch seine mehr blaue Farbe die Vorgeschichte desselben.

Diese mit Kölbchenkulturen vorgenommenen Inversionsversuche sprechen also gleichfalls gegen die Vererbbarkeit einer früher bewirkten aberranten Färbung, auf der anderen Seite zeigen auch sie, daß das Grünwerden eines Rasens im roten Licht rascher erfolgt als die Umfärbung im grünen Licht oder hinter blauem Glas. Zum Teil könnte, wie schon erwähnt, für diesen zeitlichen Unterschied des Sichverfärbens eine durch das rote Licht vielleicht sich ergebende Vermehrung des Chlorophylls neben der des Phykocyans in Frage kommen.

Wenn auch aus den Absorptionskurven des *Phormidium laminosum* var. *olivaceo-fusca* (Textfig. 3 S. 34) nur eine deutliche Vermehrung des Phykocyans bzw. Phykoerythrins je nach der Beleuchtungsfarbe herauszulesen ist, so ist es doch warscheinlich, daß

künftig unter Umständen neben der Vermehrung der einen Farbstoffkomponente auch eine gleichzeitig stattfindende Verringerung der anderen festgestellt werden könnte. Wenigstens die Inversionsversuche erscheinen mir nebst anderen gelegentlichen Beobachtungen in diesem Sinne zu sprechen. Denn wenn der Farbenwechsel nur auf einer Vermehrung der einen Komponente bei gleichbleibender Menge der anderen beruhen würde, müßte es bei inverser Beleuchtung zu einer bedeutenden Anreicherung an Gesamtfarbstoff kommen, was nicht beobachtet werden konnte. Ferner ist es aus der Analogie mit dem Chlorophyll (Czapek, p. 563) wahrscheinlich, daß auch bei den Phykochromoproteiden mit den aufbauenden Prozessen abbauende einhergehen und die jeweilig vorhandenen Mengen dieser Farbstoffe Gleichgewichtszustände zwischen diesen beiden gegenläufigen Vorgängen darstellen.

Sauvageau (I) und neuerdings Teodoresco stellen sich vor, daß das Phykoerythrin durch Umwandlung aus dem Phykocyan entstehe. Wenn wir aber gesehen haben, daß in einem N-chlorotischen Phormidiumrasen jeder Farbstoff für sich, das Phykocyan im roten, das Phykoerythrin im grünen Spektralbereich, also offenbar aus ungefärbten Vorstufen entstehen kann, so scheint mir die Annahme einer direkten Umwandlungsfähigkeit der beiden Farbstoffe nicht unumgänglich notwendig zu sein.

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.

Unter 18 geprüften Schizophyceenarten besitzen sicher nur 4 Arten die Fähigkeit, mit der Farbe des einwirkenden Lichtes ihre Färbung abzuändern. Es sind folgende: *Phormidium laminosum* Gom. var. *olivaceo-fusca*, ***Ph.*** *luridum* (Kg.) Gom. var. *fusca*, *Microchaete tenera* Thur. (?), ***M.*** *calotrichoides* Hansg. (?). Bei dieser von Engelmann und Gaidukov als komplementäre, chromatische Adaptation bezeichneten Erscheinung bewirken die roten und orangeroten Strahlen eine Verfärbung der genannten Algen nach Blaugrün, die gelbgrünen und grünen Strahlen eine solche nach einem ± violetten Farbenton, die blauen und violetten Strahlen von der verwendeten Intensität waren ohne Einfluß auf die Algenfarbe. Die Grenze zwischen diesen beiden Verfärbungen bei *Phormidium laminosum* var. *olivaceo-fusca* ist scharf und liegt bei λ 595 $\mu\mu$. Die 4 genannten Schizophyceen besitzen Phykocyan und Schizophyceenphykoerythrin und liefern demgemäß ± violett gefärbte, wässrige Auszüge mit 2 Absorptions-

maximis, einem im Rot zwischen den Frauenhofer'schen Linien C und D, und einem im Grün zwischen D und E gelegenen Maximum der Extinktion. Das zwischen den beiden Maximis entstehende Absorptionsminimum liegt für *Phormidium laminosum* var. *olivaceo-fusca* bei λ 594 $\mu\mu$. Der geschilderte Farbenwechsel beruht nun im wesentlichen darauf, daß im roten Licht die Bildung des Phykocyans, im grünen Licht die des Phykoerythrins gefördert wird, also gerade in jenen Strahlen, welche von diesen Farbstoffen am stärksten absorbiert werden. Berücksichtigt man außerdem die Koinzidenz der Verfärbungsgrenze des *Phormidium laminosum* var. *olivaceo-fusca* mit dem Minimum der Lichtextinktion seines Wasserextraktes, so erscheint das Gaidukov'sche Phänomen einfach als eine neue Anwendung der schon vom Chlorophyll her bekannten Beziehung zwischen Farbstoffbildung und Lichtabsorption auf die wasserlöslichen Pigmente der Spaltalgen und ordnet sich ungezwungen in eine Gruppe von Erscheinungen ein, welche man vielleicht passend als „Autosensibilisierungen“ bezeichnen könnte und welche auch in gewissen photochemischen Wirkungen auf künstliche Farbstoffe ihr Analogon haben. Nicht alle Schizophyceen, welche Phykocyan und Phykoerythrin besitzen, sind zu dem durch die Lichtfarbe bedingten Farbenwechsel befähigt. Die experimentell durch farbiges Licht erzeugte komplementäre Färbung bleibt bei Beleuchtung mit Tageslicht oder mit Licht, welches mit der des umgefärbten Rasens $\pm$ übereinstimmt, weder in den alten Zellen, noch im Zuwachs erhalten.

Die sehr wahrscheinliche Rolle der Phykochromoproteide als Auxiliarfarbstoffe des Chlorophylls vorausgesetzt, stellt die komplementäre chromatische Adaptation durch Anpassung des Absorptionsvermögens der Alge an die Lichtfarbe eine für die assimilatorische Leistungsfähigkeit sehr bedeutsame Reaktion des lebenden Organismus dar. Der Besitz von Begleitpigmenten überhaupt scheint eine auf die vollständigere Ausnützung schwacher Lichtintensitäten abzielende Einrichtung zu sein. Der Besitz eines roten Farbstoffes im besonderen befähigt Schizo- und Rhodophyceen einerseits zum Leben in größeren Wassertiefen, andererseits im Verein mit dem Phykocyan zum Leben an sehr lichtarmen Orten auch nahe der Oberfläche.

Anhang.

Durch das dankenswerte Entgegenkommen des Verlages hinsichtlich der Ausstattung dieser Arbeit mit farbigen Tafeln bietet sich mir die Gelegenheit, nunmehr auch die bei der Eisenchlorose

auftretenden Rasenverfärbungen des *Phormidium Retzii* var. *nigroviolacea*, welche in der Zeitschr. f. Bot. 1921 p. 65 beschrieben wurden, durch Farbenproben zu illustrieren. Die auf Taf. 2 Fig. 12 dargestellten Farbenproben a—c geben die normalen Rasenfärbungen dieser Alge wieder, solange noch genügend Eisen in der Nährlösung vorhanden ist. Bei eintretendem Eisenmangel nimmt die Alge Färbungen an, welche durch die Proben d—h veranschaulicht werden.

Prag, im März 1921.
Pflanzenphysiologisches Institut der deutschen Universität.

Literaturverzeichnis.

Aschkinass, E.: Über das Absorptionsspektrum des flüssigen Wassers. Ann. d. Phys. u. Chem. N. F. Bd. 55 1895 p. 401.

Aufsess, O. v.: Die physikalischen Eigenschaften der Seen. Braunschweig 1905.

Berthold, G.: I. Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Meeresalgen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 13 1882 p. 569.

—: II. Über die Verteilung der Algen im Golf von Neapel. Mitteil. d. zool. Stat. Neapel Bd. 3 1882 p. 393.

Blackman, F. F.: Chromatic adaptation. New Phytologist Dez. 1914.

Boresch, K.: I. Die Färbung von Cyanophyceen und Chlorophyceen in ihrer Abhängigkeit vom N-Gehalt des Substrates. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 52 p. 145.

—: II. Über die Einwirkung farbigen Lichtes auf die Färbung von Cyanophyceen. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 37 1919 p. 25.

—: III. Ein Fall von Eisenchlorose bei Cyanophyceen. Zeitschr. f. Bot. Bd. 13 1921 p. 65.

—: IV. Phykoerythrin in Cyanophyceen. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 39 1921.

—: V. Die wasserlöslichen Farbstoffe der Schizophyceen. Biochem. Zeitschr. Bd. 119 1921.

Brunnthaler, J.: Zur Phylogenie der Algen. Biol. Centralbl. Bd. 31 1911 p. 225.

Buder, J.: Zur Biologie des Bakteriopurpurins und der Purpurbakterien. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 58 1919 p. 525.

Czapek, Fr.: Biochemie der Pflanzen. I. 1913.

Dangeard, P. A.: I. Phototactisme, assimilation, phenomènes de croissance. Bull. soc. bot. France T. 57 1910 p. 315.

—: II. L'action de la lumière sur la chlorophylle. Compt. rend. Acad. Sc. Paris T. 151 p. 1386.

—: III. Sur les conditions de l'assimilation chlorophylienne chez les Cyanophycées. Ibid. T. 152 1911 p. 967.

—: IV. Sur l'adaptation chromatique complémentaire chez les végétaux. Ibid. T. 153 1911 p. 293.

Dubois, E: Die Klimate der geologischen Vergangenheit und ihre Beziehung zur Entwicklungsgeschichte der Sonne. Leipzig 1893.

Eder, J. M.: Photochemie. Halle 1906. Ausf. Handb. d. Photogr. 1, 2.

Engelmann, Th. W.: I. Farbe und Assimilation. Bot. Ztg. Bd. 41 1883 H. 1 p. 17.

—: II. Untersuchungen über die quantitativen Beziehungen zwischen Absorption des Lichtes und Assimilation der Pflanzenzellen. Ibid. Bd. 42 1884 p. 81.

—: III. Über experimentelle Erzeugung zweckmäßiger Änderungen der Färbung pflanzlicher Chromophylle durch farbiges Licht. Arch. f. Anat. u. Physiol. (Phys. Abt.) 1902 p. 333.

—: IV. Über die Vererbung künstlich erzeugter Farbenänderungen bei Oscillarien. Verh. d. physiol. Ges. Berlin Bd. 28 1903 p. 24.

Fischer, H.: Zur Phylogenie des Blattgrünfarbstoffes. Naturwiss. Wochenschr. Bd. 17 1918 p. 161.

Gaidukov, N.: I. Über den Einfluß farbigen Lichts auf die Färbung lebender Oscillarien. Anhang zu den Abh. d. preuß. Akad. d. Wiss. Bd. 5 1902 p. 927.

—: II. Über den Einfluß farbigen Lichts auf die Färbung der Oscillarien. Scripta bot. hort. Petrop. Bd. 22 1903.

—: III. Weitere Untersuchungen über den Einfluß farbigen Lichts auf die Färbung der Oscillarien. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 21 1903 p. 484.

—: IV. Die Farbenveränderung bei den Prozessen der komplementären, chromatischen Adaptation. Ibid. p. 517.

—: V. Zur Farbenanalyse der Algen. Ibid. Bd. 22 1904 p. 23.

—: VI. Die Farbe der Algen und des Wassers. Hedwigia Bd. 43 1904.

—: VII. Der Kampf ums Dasein und die Mixtkulturen. Centralbl. f. Bakt. II. Bd. 14 1905 p. 206.

—: VIII. Die komplementäre chromatische Adaptation bei Porphyra und Phormidium. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 24 1906 p. 1.

—: IX. Dunkelfeldbeleuchtung und Ultramikroskopie. Jena 1910.

Gomont, M.: Monographie des Oscillariées. II. Ann. sc. nat. VII Bot. Bd. 16 1892 p. 91.

Gros, O.: Über die Lichtempfindlichkeit des Fluoresceïns, seiner substituierten Derivate sowie dnr Leukobasen derselben. Zeitschr. f. physik. Chemie Bd. 37 1901 p. 156.

Hansen, A.: Über Stoffbildung bei den Meeresalgen. Mitteil. d. zool. Stat. Neapel Bd. 11 1895 p. 255.

Hanson, E. K.: Observations on phykoerythrin, the red pigment of deep-water algae. The new phytol. Vol. 8 1909 p. 337.

Harder, R.: Ernährungsphysiologische Untersuchungen an Cyanophyceen, hauptsächlich dem endophytischen Nostoc punctiforme. Zeitschr. f. Bot. Bd. 9 1917 p. 145.

Hartmann, O.: Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß höherer Temperatur auf Morphologie und Cytologie der Algen. Arch. f. Entwicklungsmech. Bd. 44 1918 p. 589.

Heilbronn: Über die experimentelle Beeinflußbarkeit der Farbe und Form bei Sphaerococcus coronopifolius. Ann. Inst. Océanogr. V 1912.

Hesschel: Phil. trans. 1842 p. 189, zitiert nach Vogel's Handb. d. Photogr. Bd. 1 4. Aufl. p. 57 u 203 1890.

Hertel, E.: Über physiologische Wirkungen von Strahlen verschiedener Wellenlänge. II. Mitt. Zeitschr. f. allg. Physiol. Bd. 5 1905 p. 95.

Hüfner, G.: Über die Farbe des Wassers. Du Bois-Reym. Arch. f. Anat. u. Physiol., Physiol. Abt., Jahrg. 1891 p. 88.

Iwanowski, D.: I. Über das Verhalten des lebenden Chlorophylls zum Lichte. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 31 1913 p. 600.

—: II. Über die Rolle der gelben Pigmente. Ibid. p. 613.

—: III. Ein Beitrag zur physiologischen Theorie des Chlorophylls. Ibid. Bd. 32 1914 p. 433.

Klingstedt, F. W.: Über den Einfluß farbigen Lichtes auf die Färbung lebender Oscillarien. Öfv. Finsk. Vet. Soc. Förh. Bd. 51 1909 Nr. 1.

Kylin, H.: I. Über Phykoerythrin und Phykocyan bei Ceramium rubrum. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 69 1910 p. 169.

—: II. Die grünen und gelben Farbstoffe der Florideen. Ibid. Bd. 74 1911 p. 105.

—: III. Über die roten und blauen Farbstoffe der Algen. Ibid. Bd. 76 1912 p. 306.

—: IV. Über die Farbe der Florideen und Cyanophyceen. Svensk Bot. Tidskr. Bd. 6 1912 p. 531.

Liesegang, R.: Die grüne Blattfarbe als Anpassung. Photochem. Studien. II. Düsseldorf 1895, p. 43.

Magnus, W. und Schindler, B.: Über den Einfluß der Nährsalze auf die Färbung der Oscillarien. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 30 1912 p. 314.

Molisch, H.: Untersuchungen über das Phykocyan. Sitz.-Ber. d. Wiener Akad. d. Wiss. math.-nat. Klasse Bd. 115 1906.

Nadson, G.: I. Die perforierenden (kalkbohrenden) Algen und ihre Bedeutung in der Natur. Scripta bot. hort. Petrop. Bd. 18 1900 p. 15, 37.

—: II. Über den Einfluß der Lichtstärke auf die Färbung der Algen. Bull. imp. jard. bot. Pétersbourg 1908.

Nothmann-Zuckerkandl, H.: Über die Erregung der Protoplasmaströmung durch verschiedene Strahlenarten. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 33 1915 p. 301.

Oltmanns, Fr.: I. Über die Kulturen und Lebensbedingungen der Meeresalgen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 23 1893 p. 349.

—: II. Morphologie und Biologie der Algen. II. Bd. Jena 1905.

Ørsted, A. S.: De regionibus marinis. Diss. Hauniae 1844.

Pieper, A.: Die Phototaxis der Oscillarien. Dissertation, Berlin 1915.

Pringsheim, E.: I. Kulturversuche mit chlorophyllführenden Mikroorganismen. III. Mitteil.: Zur Physiologie der Schizophyceen. Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pflanzen Bd. 12 1914 p. 49.

—: II. Bemerkungen zu Iwanowski's „Beitrag zur physiologischen Theorie des Chlorophylls“. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 33 1915 p. 379.

Richter, P.: Über den Wechsel der Farbe bei einigen Süßwasseralgen, insbesondere den Oscillarien. Bot. Centralbl. Bd. 2 1880 p. 605.

Richter, A. v.: Farbe und Assimilation. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 30 1912 p. 280.

Sauvageau, C.: I. Sur les Myxophycées roses et sur un procédé d'étude de la Phycocyan. Compt. rend. de la Soc. biol. T. 1 1908 p. 95.

—: II. A propos d'Oscillariées rouges observées dans un aquarium du laboratoire de Banyul-sur-Mer. Ibid. p. 97.

—: III. Sur la coloration des Floridées. Ibid. p. 103,

Schindler, B.: Über den Farbenwechsel der Oscillarien. Zeitschr. f. Bot. Bd. 5 1913 p. 497.

Schmidt, A.: Die Abhängigkeit der Chlorophyllbildung von der Wellenlänge des Lichts. Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pflanzen Bd. 12 1914 p. 269.

Schorler. B.: I. Komplementäre Anpassung der Organismen der Schwarzwasserteiche. Verh. deutsch. Naturf. u. Ärzte Dresden 1907. II. Teil 1. Hälfte p. 237.

—: II. Beitrag zur Lebensgeschichte der Mallomonasarten und zur komplementären Anpassung. Arch. f. Hydrobiol. u. Planktonkunde Bd. 3 1907 p. 100.

Sierp, H.: Über Lichtquellen bei pflanzenphysiologischen Versuchen. Biol. Centralbl. Bd. 38 1918 p. 221.

Stahl, E.: Zur Biologie des Chlorophylls. Laubfarbe und Himmelslicht. Jena 1909.

Svedelius, N.: Über die Algenvegetation eines ceylonischen Korallenriffes mit besonderer Rücksicht auf ihre Periodizität. Bot. Stud. (Kjellmann, 4. Nov. 1906) Upsala p. 184.

Teodoresco, E. C.: Sur la présance d'une phykoerythrine dans le Nostoc commune. Rev. gén. de bot. T. 32 1920 p. 145.

Tobler, F.: Die sog. chromatische Adaptation bei Algen. Die Naturwissensch. Bd. 1 1913 p. 845.

Ursprung, A.: I. Über die Asorptionskurve des grünen Farbstoffs lebender Blätter Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 36 1918 p. 73.

—: II. Über die Bedeutung der Wellenlänge für die Stärkebildung. Ibid. p. 86.

Wiener, O.: Farbenphotographie durch Körperfarben und mechanische Farbenanpassung in der Natur. Ann. d. Phys. u. Chem. N. F. Bd. 55 1895 p. 225.

Willstätter: Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure. 1918 p. 113.

Zacharias, O.: Zur Kenntnis der niederen Flora und Fauna holsteinscher Moorsümpfe. Forsch.-Ber. Stat. Plön Bd. 10 1903 p. 275.

Tafelerklärung.

Die Figuren 1—8 beziehen sich auf *Phormidium laminosum* var. *olivaceo-fusca.*

Tafel 1.

Fig. 1a olivbraune } Rasenfarbe normaler Kulturen im vollen diffusen
1b olivgrüne } Tageslicht. Siehe S. 5.

Fig. 2 gelbbraune Rasenfarbe N-chlorotischer Kulturen. Siehe S. 5.

Fig. 3. Siehe S. 6. II. Versuch. Umfärbung einer N-chlorotischen Agarplattenkultur nach Nitratzusatz im spektral zerlegten Licht einer Nernstlampe. Behufs leichterer Orientierung ist das Spektrum darüber abgebildet.

Fig. 4. Siehe S. 7. III. Versuch. Umfärbung einer normalen olivbraunen Agarplattenkultur im Spektrum einer Nernstlampe.

Fig. 5. Siehe S. 14. V. Versuch. Farbproben der hinter verschieden gefärbten Lichtfiltern gestandenen, ursprünglich gelbbraunen, weil N-chlorotischen Kölbchenkulturen am Ende des Versuches. a) Milchglas, b) rote, c) orangerote, d) gelbe Folie, e) blaues Glas.

Fig. 6. Siehe S. 14. VI. Versuch. Erklärung dieselbe wie zu Fig. 5.

Fig. 7. Siehe S. 15. VII. Versuch. Kölbchenkulturen ursprünglich normal olivbraun gefärbt. Sonst dieselbe Erklärung wie zu Fig. 5.

Tafel 2.

Fig. 8. Siehe S. 17. X. Versuch. Umfärbungen ursprünglich N-chlorotischer Kölbchenkulturen nach Nitratzusatz am Ende des Versuches. a) im vollen diffusen Tageslicht, b) hinter 4fachem, c) 12fachem Seidenpapier, d) einer Methylenblaulösung, e) Kontrolle ohne Nitratzusatz gelbbraun wie zu Beginn des Versuches.

Fig. 9. Siehe S. 18. XI. Versuch. *Microchaete tenera* (?). a) normale Färbung im vollen Tageslicht, b) Verfärbung hinter roter Folie, c) Verfärbung hinter blauem Glas.

Fig. 10. Siehe S. 19. XIII. Versuch. *Microchaete calotrichoides* (?). Erklärung dieselbe wie zu Fig. 9.

Fig. 11. Siehe S. 20. XVI. Versuch. *Phormidium luridum* var. *fusca.* Erklärung dieselbe wie zu Fig. 9.

Fig. 12. Siehe S. 62, Anhang. Die Farbenproben d—h beziehen sich auf die bei der Eisenchlorose des *Phormidium Retzii* var. *nigro-violacea* auftretenden Rasenfärbungen, a—c geben die normalen Rasenfärbungen dieser Alge wieder.

Tafel 3.

Die Figuren 13—15 beziehen sich auf *Phormidium laminosum* var. *olivaceo-fusca.*

Fig. 13. Siehe S. 30 Tab. 15 (zu Vers. V). Absorptionsspektren der wäßrigen Extrakte aus den a) hinter Milchglas, b) hinter roter, c) orangeroter, d) gelber Folie, e) hinter blauem Glas gestandenen Kölbchenkulturen.

Fig. 14. Siehe S. 31 Tab. 16 (zu Vers. VI). Erklärung dieselbe wie zu Fig. 13.

Fig. 15. Siehe S. 34 Tab. 18. Absorptionsspektren der Extrakte aus den a) im vollen diffusen Tageslicht, b) hinter 4fachem, c) 12fachem Seidenpapier, d) Methylenblau gestandenen Kölbchenkulturen des X. Versuches.

Tabellen.

Textfig. 3, Kurve I

λ	φ	—log tg φ
(693)	37° 51'	0,110
(674)	35° 55'	0,156
655	28° 21'	0,268
639	23° 4'	0,371
625	19° 54'	0,441
615	19° 36'	0,448
608	19° 45'	0,445
594	20° 29'	0,428
587	20° 16'	0,433
581	18° 14'	0,482
569	8° 27'	0,828
559	5° 12'	1,041
554	5° 55'	0,985
548	6° 44'	0,928
539	9° 25'	0,780
530	11° 56'	0,675
522	15° 5'	0,569
515	18° 34'	0,474
501	25° 32'	0,321
489	30° 7'	0,237
478	32° 37'	0,194
468	33° 37'	0,177

Textfig. 3, Kurve II

λ	φ	—log tg φ
(693)	35° 17'	0,150
(674)	27° 6'	0,291
655	11° 19'	0,699
647	6° 51'	0,920
639	3° 46'	1,182
630	2° 24'	1,378
625	1° 51'	1,829
615	1° 41'	1,923
608	2° 15'	1,406
601	3° 2'	1,276
594	3° 50'	1,174
587	4° 14'	1,131
581	4° 22'	1,117
575	4° 6'	1,145
569	3° 41'	1,191
559	3° 42'	1,189
554	4° 17'	1,126
548	5° 11'	1,042
538	7° 46'	0,865
530	10° 24'	0,736
522	13° 16'	0,628
515	16° 44'	0,522
501	21° 15'	0,410
489	25° 19'	0,325
478	27° 54'	0,276
468	28° 59'	0,257

Textfig. 3, Kurve III

λ	φ	—log tg φ
(693)	33° 50'	0,174
(674)	31° 5'	0,220
655	25° 34'	0,320
639	23° 20'	0,365
625	21° 45'	0,399
615	20° 37'	0,425
608	20° 19'	0,432
601	20° 17'	0,432
594	19° 44'	0,445
587	19° 17'	0,456
581	15° 29'	0,558
575	10° 41'	0,724
569	6° 1'	0,977
559	2° 6'	1,436
554	2° 7'	1,432
548	2° 40'	1,332
538	4° 1'	1,154
530	5° 52'	0,988
522	8° 5'	0,848
515	10° 56'	0,714
501	16° 55'	0,517
489	22° 4'	0,392
478	25° 22'	0,324
468	27° 19'	0,287

Textfig. 4, Kurve I

λ	φ	—log tg φ
(693)	38° 29'	0,100
(674)	38° 36'	0,098
655	37° 55'	0,108
639	37° 20'	0,118
625	37° 11'	0,120
608	36° 41'	0,128
594	35° 51'	0,146
587	34° 24'	0,164
581	31° 26'	0,214
575	25° 39'	0,319
569	18° 55'	0,465
559	13° 25'	0,622
554	14° 1'	0,603
548	14° 25'	0,590
538	15° 51'	0,547
530	17° 50'	0,493
522	20° 21'	0,431
515	23° 21'	0,365
501	28° 6'	0,273
489	30° 56'	0,222
478	32° 29'	0,196
468	33° 26'	0,180

Textfig. 4, Kurve II

λ	φ	—log tg φ
(693)	34° 36'	0,161
(674)	30° 4'	0,237
655	19° 25'	0,453
647	17° 27'	0,503
639	16° 47'	0,521
630	16° 9'	0,538
625	16° 1'	0,542
615	15° 44'	0,550
608	15° 39'	0,553
601	15° 49'	0,548
594	15° 52'	0,546
587	15° 35'	0,555
581	13° 56'	0,605
575	10° 51'	0,717
569	7° 35'	0,876
559	5° 2'	1,055
554	5° 27'	1,020
548	6° 11'	0,965
538	8° 11'	0,842
530	10° 17'	0,741
522	12° 39'	0,649
515	15° 16'	0,564
501	20° 10'	0,435
489	23° 41'	0,358
478	25° 51'	0,315
468	26° 44'	0,298

Textfig. 4, Kurve III

λ	φ	—log tg φ
(693)	33° 44,	0,175
(674)	29° 24'	0,249
639	20° 41'	0,423
630	20° 32'	0,426
625	20° 32'	0,426
615	20° 12'	0,434
608	19° 34'	0,449
601	19° 1'	0,463
594	17° 51'	0,492
587	16° 4'	0,541
581	12° 35'	0,651
575	8° 9'	0,844
569	4° 29'	1,106
559	0° 41'	1,923
554	0° 34'	2,005
548	0° 56'	1,788
538	1° 45'	1,515
530	2° 51'	1,303
522	4° 37'	1,093
515	7° 5'	0,906
501	11° 57'	0,674
489	17° 26'	0,503
478	21° 19'	0,409
468	23° 42'	0,358

Textfig. 5, Kurve I			Textfig. 5, Kurve II			Textfig. 5, Kurve III		
λ	φ	—log tg φ	λ	φ	—log tg φ	λ	φ	—log tg φ
(693)	38° 32'	0,099	(693)	37° 40'	0.112	(693)	34° 49'	0,158
(674)	33° 34'	0,178	(674)	36° 30'	0,131	(674)	30° 9'	0,236
655	20° 6'	0,437	655	33° 40'	0,176	655	22° 35'	0,381
647	19° 54'	0,441	647	31° 21'	0,215	647	20° 27'	0,428
625	19° 17'	**0,456**	639	30° 9'	0,236	639	19° 5'	0,461
615	19° 22'	0,454	630	29° 52'	**0,241**	630	18° 46'	**0,469**
608	19° 32'	0,450	625	30° 19'	0,233	625	19° 5'	0,461
601	19° 55'	0,441	615	30° 40'	0,227	615	19° 16'	0,457
594	20° 11'	0,435	608	30° 57'	0,222	608	18° 49'	0,468
587	19° 46'	0,444	601	30° —	0,228	601	17° 49'	0,493
581	17° 37'	0,498	594	30° 36'	0,228	594	16° 26'	0,530
575	12° 50'	0,642	587	30° 35'	0,228	587	15° 44'	0,550
569	8° 24'	0,831	581	30° 42'	0,226	581	13° 35'	0,617
559	4° 27'	**1,109**	575	30° 36'	0,228	575	10° 40'	0,725
554	4° 47'	1,077	569	30° 31'	**0,230**	569	7° 6'	0,905
548	5° 37'	1,007	559	31° 10'	0,218	559	5° 2'	**1,055**
538	7° 20'	0,890	554	31° 34'	0,212	554	5° 14'	1,038
530	9° 44'	0,766	548	31° 25'	0,214	548	5° 22'	1,027
522	12° 17'	0,662	538	31° 31'	0,213	538	5° 56'	1,983
515	15° 49'	0,548	530	31° 59'	0,204	530	7° 31'	0,880
501	22° 21'	0,386	515	33° 1'	0,187	522	10° 5'	0,750
489	27° 4'	0,292	501	33° 46'	0,175	515	13° 10'	0,631
478	30° 44'	0,226				501	16° 40'	0,486
468	31° 54'	0,206				489	22° 24'	0,385
						478	24° 32'	0,341
						468	26° 24'	0,304

Textfig. 6, Kurve I			Textfig. 6, Kurve II			Textfig. 6, Kurve III		
λ	φ	—log tg φ	λ	φ	—log tg φ	λ	φ	—log th φ
(693)	38° 50'	0,094	(693)	31° 31'	0,212	(693)	33° 50'	0,174
(674)	38° 21'	0,102	655	31° 29'	0,213	655	33° 21'	0,182
655	37° 5'	0,122	639	30° 51'	0,224	639	32° 59'	0,188
639	35° 50'	0,141	625	29° 7'	0,254	625	32° 35'	0,194
630	34° 52'	0,157	608	28° 59'	0,257	608	30° 20'	0,233
625	34° 19'	0,166	594	28° 35'	0,265	594	27° 35'	0,282
615	33° 9'	0,185	581	27° 42'	0,280	581	24° 52'	0,334
608	32° 57'	0,188	569	26° 2'	0,311	569	21° 2'	0,415
601	32° 16'	0,200	559	25° 25'	**0,323**	559	16° 46'	0,521
594	31° 24'	0,214	548	26° 2'	0,311	554	16° 2'	0,542
587	29° 26'	0,249	530	27° 29'	0,284	548	16° 12'	0,537
581	24° 54'	0,333	515	28° 29'	0,266	530	18° 47'	0,468
575	17° 19'	0,506	489	28° 52'	0,259	515	22° 10'	0,390
569	10° 31'	0,731	468	28° 57'	0,257	489	26° 47'	0,297
559	5° 12'	**1,041**				468	28° 9'	0,272
554	5° 20'	1,030						
548	5° 34'	1,011						
538	7° 19'	0,891						
530	9° 44'	0,766						
522	12° 49'	0,643						
515	16° 14'	0,536						
501	23° 37'	0,359						
489	28° 57'	0,257						
478	32° 22'	0,198						
468	34° 17'	0,166						
459	35° 20'	0,149						

Textfig. 7, Kurve I			Textfig. 7, Kurve II			Textfig. 7, Kurve III			Textfig. 7, Kurve IV		
λ	φ	$-\log \mathrm{tg}\, \varphi$	λ	φ	$-\log \mathrm{tg}\, \varphi$	λ	φ	$-\log \mathrm{tg}\, \varphi$	λ	φ	$-\log \mathrm{tg}\, \varphi$
(715)	28° 34'	0,264	594	37° 54'	0,109	(693)	36° 14'	0,135	(693)	35° 50'	0,141
(704)	24° 41'	0,338	569	37° 17'	0,118	(674)	29° 35'	0,246	655	34° 40'	0,160
(693)	16° 15'	0,535	548	36° 34'	0,130	655	13° 12'	0,630	639	33° 45'	0,175
(684)	9° 14'	0,789	530	33° 16'	0,183	647	7° 59'	0,853	625	32° 32'	0,195
(674)	1° 39'	**1,541**	515	26° 9'	0,309	639	4° 45'	1,080	608	31° 26'	0,214
(665)	4° 59'	1,060	501	18° 55'	0,465	630	3° 51'	1,172	594	29° 50'	0,241
655	8° 57'	0,803	489	12° 19'	0,661	625	3° 20'	**1,235**	581	26° 42'	0,298
647	10° 20'	0,739	478	7° 25'	0,885	615	3° 45'	1,183	569	17° 31'	0,501
639	10° 52'	0,717	468	6° 31'	0,942	608	4° 41'	1,087	559	11° 15'	0,701
630	10° 21'	0,738	459	6° 15'	0,961	601	5° 47'	0,994	557	10° 50'	0,718
622	9° 31'	**0,776**				594	7° —	0,911	552	10° 32'	**0,731**
616	9° 46'	0,764				587	8° 31'	0,825	548	10° 36'	0,728
611	11° 5'	0,708				581	10° 2'	0,752	544	10° 41'	0,724
605	12° 51'	0,642				575	11° 54'	0,676	541	11° 19'	0,699
599	14° 41'	0,582				569	14° 10'	0,598	537	12° 19'	0,661
594	15° 46'	0,549				559	18° 42'	0,470	534	13° 1'	0,636
589	16° 6'	0,540				548	23° 4'	0,371	530	14° 11'	0,597
584	16° 29'	0,529				539	26° 6'	0,310	527	15° 9'	0,567
579	16° 55'	0,517				530	28° 45'	0,261	524	16° 2'	0,542
574	17° 34'	0,500				522	30° 46'	0,225	521	16° 50'	0,519
569	18° 50'	0,467				515	32° 1'	0,204	518	17° 37'	0,498
565	19° 55'	0,441				501	33° 54'	0,173	515	18° 51'	0,467
561	20° 47'	0,421				489	34° 20'	0,166	511	20° 5'	0,437
556	20° 32'	0,426				478	35° 11'	0,152	508	21° 9'	0,412
548	20° 1'	0,438				468	35° 11'	0,152	501	23° 44'	0,357
539	14° 24'	0,590							489	27° 6'	0,291
530	9° 39'	0,769							478	29° 41'	0,244
522	5° 59'	0,980							468	31° 17'	0,216
515	3° 6'	1,266									
508	1° 25'	1,607									

(Aus dem Institut für Schiffs- und Tropenkrankheiten.
Leiter: Obermedizinalrat Prof. Dr. Nocht.)

Beiträge zur Kenntnis der Gattung *Eimeria*.

I. Über das Taubencoccid.

Von
Otto Nieschulz, cand. rer. nat.

(Hierzu Tafel 4 und 3 Textfiguren.)

Unter den parasitischen Protozoen unseres Hausgeflügels verdienen die Coccidien wegen ihrer hohen Pathogenität und der dadurch bedingten großen wirtschaftlichen Bedeutung ein besonderes Interesse. Eingehendere Arbeiten, die sich zum Teil zwar auf Untersuchungen an Trockenpräparaten stützen, liegen bisher nur über das Hühnercoccid vor, während das Taubencoccid cytologisch noch gar nicht untersucht worden ist.

Die ersten Angaben über eine Coccidienkrankheit der Taube verdanken wir Pfeiffer (1891), der von dem Parasiten aber nur die Maße der Oocyste und die Sporulationsdauer angibt.

Labbé stellte 1896 das Taubencoccid als selbständige Art auf Grund der Beschreibung seines Entdeckers auf und benannte es nach ihm *Coccidium pfeifferi.*

Nach Morse (1908) vermag die Coccidiose in Amerika unter den jungen Tauben große Verheerungen anzurichten: „It may exercise an almost absolute veto power on squab rising." Morse unterscheidet chronische, akute und perakute Formen der Krankheit. Die chronischen Fälle stellen allem Anscheine nach einen Magen- und Darmkatarrh dar; die akuten erwecken den Eindruck einer

Epizootie bakteriellen Ursprungs, während die perakute Form völlig einer hämorrhagischen Septikämie oder Geflügelcholera gleichen soll.

Auf klinische Beobachtungen beschränkt sich auch BASSET (1909), der die Coccidiose in Frankreich fand. Auch hier brachte sie den Taubenbesitzern empfindliche Verluste bei. BASSET glaubt, daß der ansteckende Nasenkatarrh der Tauben — Coryza avium contagiosa — mit der Coccidiose identisch ist.

COLE und HADLEY (1910)[1]) berichten wie MORSE über ein seuchenartiges Auftreten der Coccidiose in Amerika.

Während des Krieges richtete diese Krankheit nach NÖLLER (in REICHENOW [1921]) an der deutschen Ostfront erheblichen Schaden bei den Brieftauben an.

Material und Technik. Für meine Untersuchungen standen mir konservierte Darmstücke einer gut infizierten, etwa drei Monate alten Taube aus den Stallungen des Instituts, die durch Abgabe großer Mengen flüssigen Kotes auffiel, zur Verfügung, und der Kot dieses Tieres mit reichlichen Cysten, die inzwischen fertig aussporuliert waren. Darmausstriche, die für das Studium der Sporozoen ungleich günstiger sind als Schnittpräparate und für die genaue Untersuchung mancher Entwicklungsstadien kaum entbehrt werden können, standen mir leider nicht zur Verfügung. Als Konservierungsflüssigkeiten waren Sublimat (wässerige 6proz. Lösung) und das Gemisch von BOUIN (1,0 Pikrinsäure, 10,0 Eisessig, 50,0 Formalin 40proz., 150,0 Alkohol 80proz.) benutzt worden. Die Schnitte (5 μ) wurden mit Hämatoxylin nach DELAFIELD gefärbt, das bei guter Differenzierung recht günstige Präparate gab.

Wegen der Beschränkung des Untersuchungsmaterials war es nicht möglich, einen vollständigen Entwicklungszyklus des Coccids aufzustellen. Um vor allem die frühen Stadien zu erhalten, wäre es nötig gewesen, junge Tauben experimentell zu infizieren, worauf ich aber aus äußeren Gründen habe verzichten müssen.

Für die freundliche Überlassung des Materials möchte ich Herrn Prof. Dr. NÖLLER auch an dieser Stelle vielmals danken, ebenso für seine wertvolle Unterstützung bei dieser Arbeit.

Schizogonie.

Bei meinem Material war die Schizogonie schon fast ganz abgelaufen; nur Endstadien dieser Vermehrungsweise konnten noch vereinzelt gefunden werden. Es war dieses nicht anders zu erwarten,

[1]) Nach REICHENOW (1921). Originalarbeit mir nicht zugänglich.



da es sich um eine fortgeschrittenere Infektion handeln mußte, wie man aus der reichlichen Abgabe von Cysten mit dem Kote schließen konnte. Die Zahl der Merozoiten, die beim Zerfall eines reifen Schizonten entsteht, scheint ziemlich zu schwanken. Zum Teil fand ich nur vier (Fig. 1), manchmal auch erheblich mehr (Fig. 2), doch lassen sich genauere Angaben an Schnittpräparaten sehr schwer geben. Die Merozoiten sind schwach sichelförmig gekrümmt, an den Enden meist etwas zugespitzt, und lassen manchmal in ihrem Plasma eine wabige Struktur erkennen, die auch auf Querschnitten (Fig. 2) deutlich hervortritt. Der Kern besteht aus einzelnen Chromatinbrocken, die sich mit dem DELAFIELD'schen Hämatoxylin nur schwach färben ließen. Restkörper, wie sie vom Hühnercoccid beschrieben wurden, habe ich nicht gesehen.

Fig. 3 dürfte einen Schizonten kurz vor der Merozoitenbildung darstellen. Weitere frühere Stadien waren nicht zu finden.

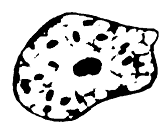
Entwicklung der Microgameten.

Während ich die fortgeschritteneren Stadien der Microgametenbildung in großer Anzahl in meinen Präparaten fand, gelang es mir nicht, über die ersten Kernteilungen im jungen Microgametocyten Klarheit zu bekommen.

Bei den bisher wirklich gut untersuchten Coccidien entstehen die Microgametenkerne durch sukzessive Zweiteilung, während wir in der *Eimeria*-Literatur dagegen häufig multiple Teilungen auf die verschiedenste Art beschrieben finden wohl in Anlehnung an die grundlegende Arbeit SCHAUDINN's (1900) über *Eimeria schubergi*, dessen Angaben sich jedoch nach SCHELLACK u. REICHENOW (SCHELLACK [1912]) in diesem Punkte als irrtümlich erwiesen haben.

Ich habe beim Taubencoccid binäre Kernteilungen in jungen Microgametocyten trotz gründlichen Suchens nicht finden können. Gelegentlich sah ich aber Stadien (Fig. 5 u. 6), die, wenn sie in den Entwicklungskreis des Coccids hineingehören sollten, auf multiple Kernteilungen deuten würden. Fig. 5 entspräche etwa der Microgametenbildung, wie sie FANTHAM (1910) bei *Eimeria tenella* (Syn. *E. avium*) aus dem schottischen Moorschneehuhn (*Lagopus scoticus*) beschreibt: „The chromatin of the nucleus breaks up into minute granules or chromidia which pass towards the surface of the cell, where they appear to form a very fine network.“ SCHAUDINN (1902) hat bei *E. schubergi*, MOROFF und FIEBIGER (1905) bei *E. subepithelialis* ähnliche Kernteilungen beschrieben.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich darauf hinweisen, daß den Kernen des subepithelialen Bindegewebes des Taubendarmes (Textfig. 1) manchmal eine erhebliche Ähnlichkeit mit den Bildern, wie sie Reich (1913) — vgl. besonders seine Abbildung Taf. I, Fig. 23 — von der Entwicklung der Microgametocyten bei *E. stiedae* aus dem Kaninchen gibt, nicht abzusprechen ist[1]).



Textfig. 1.

Bei den nächsten Stadien finden wir an der Oberfläche des Microgametocyten lockere Chromatinhaufen und -bänder (Fig. 7 u. 8), die sich allmählich unter Verdichtung der chromatischen Substanz verkürzen und dabei meist eine U-förmige Gestalt annehmen (Fig. 10—11). Das Chromatin konzentriert sich bei der Weiterentwicklung immer mehr, bis es eine kompakte Masse bildet (Fig. 13). Dann nehmen diese Chromatinklümpchen allmählich eine sichelförmige Gestalt an und werden so zu den fertigen Microgameten, die denen des Hühnercoccids sehr ähnlich sind. Geißeln habe ich bei ihnen nicht feststellen können, während es Fantham und Hadley gelang, bei *E. tenella* zwei Geißeln zu beobachten, die die Microgameten etwas an Länge übertreffen.

Die Zahl der Microgameten ist im Vergleiche zu manchen *Eimeria*-Arten, z. B. *E. schubergi*, außerordentlich groß. Manchmal werden derartig viele gebildet, daß sie auf der Peripherie ihrer Mutterzelle nicht mehr genügend Platz finden, und diese daher zum Zwecke der Oberflächenvergrößerung eingeschnürt oder gar ganz durchschnürt wird (vgl. Fig. 12 u. 13).

Das Protoplasma der Microgametocyten, das fast vollständig als Restkörper bei der Microgametenbildung in der Wirtszelle zurückbleibt (Fig. 15), zeigt zunächst feinwabigen Bau (Fig. 9 u. 10), wird jedoch im Laufe der Entwicklung immer gröber vakuolisiert. Gelegentlich finden wir in ihm Chromatinbrocken von unregelmäßiger Gestalt, die ich wie Schellack und Reichenow bei *Barrouxia schneideri* für degenerierende Microgameten halten möchte.

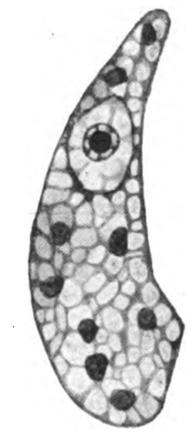
Entwicklung der Macrogameten.

Von den Macrogameten habe ich auch die jüngsten Stadien nicht selten gefunden. Sie behalten meist zunächst die Merozoitenform einige Zeit lang bei und nehmen erst im Laufe der Entwicklung, manchmal auch schon recht früh (Fig. 17), eine ovale bis ganz

[1]) Sie unterscheiden sich durch die scharfe Konturlinie, die aber in Fig. 22 auf derselben Tafel auch angedeutet ist.

runde Gestalt an (Fig. 20—22). Ist die seitliche Ausdehnungsmöglichkeit irgendwie beschränkt, so wachsen sie in die Länge und können dabei ganz abnorme Formen annehmen (Textfig. 2).

Der Kern zeigt einen kompakten Binnenkörper, den man in der Coccidien-Literatur häufig als Caryosom bezeichnet findet, meist zentral in einem Außenkern liegend, der in gut differenzierten Präparaten einen deutlich wabigen Bau erkennen läßt. Der Außenkern hat meist rundliche Form, sendet jedoch gelegentlich kurze pseudopodienartige Fortsätze in das Plasma (Fig. 20), wie es auch bei *E. subepithelialis* aus dem Karpfen beschrieben wurde.



Textfig. 2.

Um den Kern finden wir meist einen deutlichen Kernhof ausgebildet, der manchmal eine recht erhebliche Größe annehmen (Fig. 19) und sich von der äußeren, dunkler gefärbten Plasmazone durch eine deutliche Kontur ähnlich wie auch bei *Isospora bigemina* trennen kann. Das Protoplasma der äußeren Schicht zeigt einen grobwabigen Bau, während diese Struktur bei der inneren Zone weniger scharf hervortritt.

Im Protoplasma des Macrogametocyten findet man nicht selten Chromatinbrocken in wechselnder Zahl, wie sie auch bei anderen *Eimeria*-Arten gefunden wurden. Moroff und Fiebiger möchten sie bei *E. subepithelialis* für Reduktionskörper halten, ähnlich denen, die Schaudinn (1902) bei *Cyclospora caryolytica* beschrieb. Gérard glaubt beim Hühnercoccid das Auftreten dieser Gebilde mit einer Abnahme der Färbbarkeit des Zellkerns, die ich manchmal auch beobachten konnte, in kausale Beziehungen bringen zu können und nimmt an, daß sie später die Reservestoffsubstanzen bilden. Hadley (1910) will Zweiteilung des Macrogametocytenkerns beobachtet haben (an Trockenpräparaten). Seine Angaben bedürfen wenigstens der Bestätigung bei einwandfreier Technik.

Zu einer gewissen Zeit sehen wir in den Macrogameten Reservestoffkugeln auftreten (Textfig. 2), die sich allmählich peripher anordnen ähnlich den Microgameten (Fig. 21) und sich mit Hämalaun, aber nicht mit dem Delafield'schen Hämatoxylin färben ließen. Sie dürften mit den von Hadley bei *E. tenella* und den von Schellack und Reichenow bei *Barrouxia schneideri* gefundenen Reservestoffkugeln identisch sein, differieren aber insofern von ihnen, als sie nicht völlig homogen sind.

Befruchtung.

Die Befruchtung des reifen Macrogameten geht genau so wie bei *Barrouxia schneideri* vor sich (vgl. meine Fig. 22 mit Schellack's und Reichenow's Fig. 38, Taf. III; vgl. auch Kunze's Fig. 44 über *Orcheobius herpobdellae*). Der Außenkern streckt sich spindelförmig in die Länge, so daß er mit dem einen Ende die Zelloberfläche berührt, während das andere Ende, in dem sich der Binnenkörper befindet, etwa im Zentrum der Zelle bleibt. Der Binnenkörper löst sich nicht, wie bei den meisten Eimerien beschrieben, vor der Befruchtung auf, sondern bleibt genau wie bei *Barrouxia* erhalten. Der Microgamet dringt durch den röhrenförmigen Fortsatz des Kernes ein und dürfte sich bei seinem weiteren Vorrücken im Macrogametenkern ebenso auflösen wie bei dem genannten anderen Coccid.

Ein ähnliches Befruchtungsbild sah auch Reich (1913) bei *Eimeria falciformis*, doch ist im Kern kein Binnenkörper zu finden.

Gleich nach der Befruchtung scheidet der Macrogamet an seiner Peripherie eine Hülle ab, die für Farbstoffe schwer durchlässig ist und so die Beobachtung der weiteren Vorgänge sehr erschwert.

Bei Zygoten mit deutlich ausgebildeter Cystenhülle fand ich gelegentlich im Protoplasma Chromatinbrocken, ähnlich wie auch oben beschrieben bei den Macrogameten (Fig. 23). Reduktionskörper können es hier natürlich kaum sein. Vielleicht handelt es sich um überzählige Microgameten, die in den Macrogameten eingedrungen sind, aber nicht zur Verschmelzung mit dem weiblichen Kern gelangten und daher im Plasma abstarben. Polyspermie ist bei *Eimeria*-Arten zwar bislang noch nicht beobachtet worden, bei anderen Coccidien jedoch schon mehrfach, so z. B. bei *Cyclospora caryolytica* von Schaudinn und bei der den Eimerien sehr nahe stehenden *Barrouxia schneideri* von Schellack und Reichenow.

Oocyste.

Wie schon eingangs erwähnt, standen mir nur völlig ausgebildete Oocysten zur Verfügung [1]). Um ein genaues Bild von ihrer Form und Größe zu erhalten und sie mit dem Hühnercoccid vergleichen zu können, habe ich 150 von ihnen gemessen und die Resultate in Tab. I und II zusammengestellt. Um die Gestalt der Oocyste zu bestimmen, berechnet man den Quotienten aus Breite und Länge, welcher als Formindex der Oocyste (shape-index nach Hadley) bezeichnet wird.

[1]) Die Beschreibung der exogenen Entwicklung werde ich in einem zweiten Beitrag nachliefern, sobald ich frisches Material besitze.

Zur Berechnung des Rauminhaltes habe ich sie — wie SWELLENGREBEL (1914) die Cysten von *Isospora bigemina* und SCHELLACK (1913) die Schizonten von *Adelina dimidiata* — als Rotationsellipsoide aufgefaßt, da sie diesen Körpern am meisten gleichen.

Tabelle I.

	Formindex der Oocysten	Anzahl der Oocysten		Formindex der Oocysten	Anzahl der Oocysten
1.	1,00—0,99	9	8.	0,86—0,85	14
2.	0,98—0,97	16	9.	0,84—0,83	9
3.	0,96—0,95	11	10.	0,82—0,81	8
4.	0,94—0,93	17	11.	0,80—0,79	6
5.	0,92—0,91	18	12.	0,78—0,77	2
6.	0,90—0,89	19	13.	0,76—0,75	1
7.	0,88—0,87	20			

Tabelle II.

	Volumen der Oocysten μ^3	Anzahl der Oocysten		Volumen der Oocysten μ^3	Anzahl der Oocysten
1.	1900—2000	4	9.	3500—3600	3
2.	2100—2200	6	10.	3700—3800	—
3.	2300—2400	17	11.	3900—4000	2
4.	2500—2600	31	12.	4100—4200	1
5.	2700—2800	37	13.	4300—4400	—
6.	2900—3000	28	14.	4500—4600	—
7.	3100—3200	14	15.	4700 - 4800	—
8.	3300—3400	6	16.	4900—5000	1

Der Formindex der Oocyste schwankte zwischen 0,76 und 1,00 und ergab einen Durchschnittswert aus den 150 Messungen von 0,90. Die Berechnung des Cystenvolumens ergab ein Maximum von 5040 μ^3 bei einem Index von 0,92 und ein Minimum von 1850 μ^3 mit demselben Index. Die durchschnittliche Größe betrug 2710 μ^3. Aus diesen Werten läßt sich eine Durchschnittscyste berechnen, die 18,6 μ lang und 16,7 μ breit sein würde. Dieser Wert stimmt sehr gut mit den Angaben PFEIFFER's überein, nach denen die Oocyste 18×16 μ mißt.

In der reifen Cyste findet man fast regelmäßig meist in der Nähe der Peripherie ein kleines stark lichtbrechendes Körnchen, das den Restkörper aus der Sporoblastenbildung darstellt (Fig. 25) und beim Hühnercoccid von HADLEY, JOWETT und GÉRARD irrtümlich als Verschlußpfropf der Mikropyle angesehen ist. Eine deutliche Mikropyle wie sie REICHENOW (1921) bei *E. tenella* sah (Textfig. 3e),

habe ich nicht beobachten können. Die Cystenmembran hat wie bei diesem Coccid eine leicht gelbliche Färbung.

Die reifen Sporoblasten, die Sporocysten, sind länglich oval, an dem einen Pole scharf zugespitzt. Sie messen etwa $12{,}5 \times 6{,}5\ \mu$. Das Verhältnis ihrer Länge zu der der Oocyste wäre demnach 0,67.

An dem zugespitzten Ende der Sporocysten befindet sich stets ein stark lichtbrechendes Körnchen, das sog. „STIEDA'sche Körperchen", ebenso wie bei den anderen *Eimeria*-Arten. Im Innern der Sporocyste fallen besonders zwei große, rundliche, vakuolenartige Gebilde auf, die im hinteren Ende der beiden Sporozoiten liegen. Ihre Bedeutung ist bislang noch nicht sicher bekannt, wahrscheinlich wird es sich um Reservestoffkörper handeln. Das Protoplasma des Sporozoiten ist deutlich wabig strukturiert; gelegentlich sehen wir in seinem mittleren Teile feine Granula auftreten. Ob diese mit dem Kern in irgendeiner Beziehung stehen, vermag ich nicht sicher zu sagen, möchte es aber für wahrscheinlich halten. Zwischen den beiden Sporozoiten, sie häufig teilweise überdeckend, liegt der meist ovale Sporocystenrestkörper, der sich bei der Entstehung der Sporozoiten in den Sporoblasten gebildet hat, und den Oocystenrestkörper an Größe erheblich übertrifft.

Verteilung der Coccidien im Wirt.

Der Sektionsbefund der Coccidientaube (Darm 120 cm lang) war auf Grund von frischen Ausstrichpräparaten nach dem Protokoll von Herrr Prof. NÖLLER folgender:

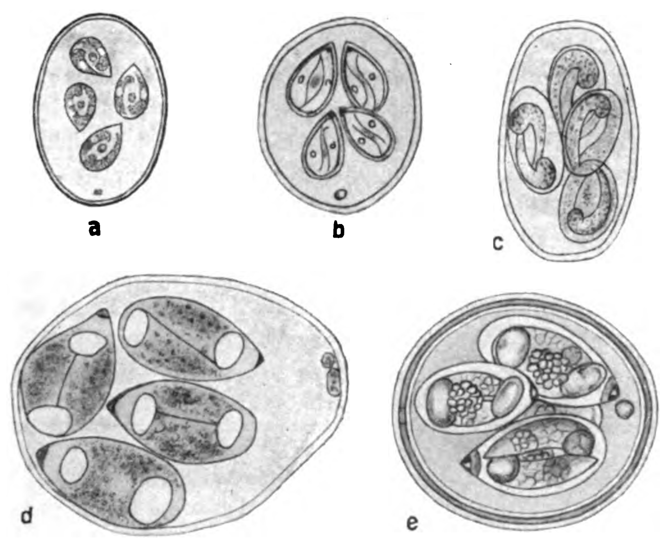
10 cm hinter dem Magen:	ohne Coccidien
30 cm " " " :	vereinzelte Coccidien
50 cm " " " :	massenhaft "
70 cm " " " :	" "
90 cm " " " :	Schleimhaut coccidienfrei
110 cm " " " :	" "

An Schnittpräparaten ließen sich mit Ausnahme der beiden äußersten Enden im ganzen Darmkanal Coccidien finden. Die Differenz mit dem Sektionsprotokoll dürfte dadurch zu erklären sein, daß die Coccidien nicht in den Epithelzellen bleiben, sondern wie auch GÉRARD beim Hühnercoccid beobachtete, in die tieferen Schichten der Darmschleimhaut eindringen.

Bemerkenswert ist noch, daß die Schizonten sich fast nur in den obersten Teilen des Darmes fanden.

Systematische Stellung.

Es bliebe zum Schluß noch die Frage zu erörtern, ob es sich beim Taubencoccid um eine besondere Art handelt, oder ob es auch mit zu *Eimeria tenella* (Railliet und Lucet) — Syn. *E. avium* (Rivolta), *E. bracheti* Gérard — zu stellen ist. Eine Identifizierung mit *E. truncata* (Railliet und Lucet) aus Gänsen, der zweiten *Eimeria*-Art der Vögel, kommt nicht in Frage, da dieser Parasit durch seinen Sitz ausschließlich in der Niere wie auch durch die Gestalt seiner Oocyste sowohl vom Hühner- wie vom Taubencoccid deutlich unterschieden ist.



Textfig. 3. Oocysten des Hühnercoccids.
a) Nach Hadley (1911), b) nach Jowett (1911), c) nach Fantham (1910), d) nach Gérard (1913), e) nach Reichenow (1921).

Wie im geschichtlichen Überblick schon erwähnt, stellte Labbé (1896) das Taubencoccid als selbständige Art unter dem Namen *Coccidium pfeifferi* auf und zwar mit der Diagnose: „Kyste sphérique ou subsphérique de 16 à 18 μ. Développement des spores en trois jours. Habitat: intestin du Pigeon domestique.“ Er zieht jedoch die Möglichkeit in Betracht, daß es sich nur um eine Varietät von *Coccidium avium* (= *E. tenella*) handelt, eine Einschränkung, die er aber 1899 fallen ließ. Ihm gegenüber nehmen jedoch andere Forscher, unter ihnen auch Reichenow (1921) neuerdings in seiner zusammenfassenden Coccidienarbeit, an, daß es sich nicht um eine von *E. tenella* differierende Art handelt.

Bei dem Vergleich des Taubencoccids mit dem Hühnercoccid — der best untersuchten Form von *E. tenella* — können wir die endogenen Stadien nicht berücksichtigen, da unsere Kenntnisse hierüber noch viel zu gering sind, um als Grundlage für eine Differentialdiagnose dienen zu können. Die exogene Sporogonie habe ich bei der Taube bis auf ihr Endstadium noch nicht beobachten können; die Angaben über die entsprechende Entwicklung beim Hühnercoccid sind auch nur recht dürftig.

Wir sind also allein auf den Vergleich der reifen Oocyste angewiesen. Die feineren Verhältnisse, zumal der Bau der Sporozoiten, sind, wie uns die Textfig. 3 zeigt, beim Hühnercoccid noch recht wenig bekannt, eine Tatsache, die in der außerordentlichen Schwierigkeit der genauen Beobachtung der lebenden Coccidiencyste — eine Färbung ist wegen der völligen Undurchlässigkeit der Membran bislang unmöglich — ihre Erklärung findet. Es bleiben für unsere Betrachtungen also nur noch übrig die Form der Oocyste und der Sporocyste und ihr gegenseitiges Längenverhältnis. In Tabelle III habe ich diese Werte nach den Angaben der verschiedenen Autoren zusammengestellt, wobei das Verhältnis der Sporocyste zur Oocyste nach den Abbildungen (vgl. Textfig. 3), die zum Teil zwar wenig genau zu sein scheinen, genommen ist.

Tabelle III.

Autor	Länge μ	Breite μ	Durchschnittsgröße μ	Formindex	Sporocyste: Oocyste
Fantham (1910)	25—35	14—20	—	—	0,42
Hadley (1911)	10,5—38,28	9—29,04	21 × 14	0,666	0 26
Jowett (1911)	15—28	15—23	—	—	0,39
Gérard (1913)	23—24	18—19	—	—	0,45
Reichenow (1921)	15—20	13,5—18	—	0,87—0,94	0,67
Nieschulz (diese Arbeit)	16—22	15—21	18,6 × 16,7	0,90	0,67

Wir können dieser Zusammenstellung entnehmen, daß das Hühnercoccid im Gegensatz zum Taubencoccid außerordentlichen Schwankungen in der Größe der Oocysten unterworfen ist. Der Durchschnittswert des Formenindexes ist nach den Angaben Hadley's der sich allein auf Messungen an einem größeren Material zu stützen scheint, erheblich kleiner (0,666) als der Minimalwert des Taubencoccids (0,76). Sehr auffallend ist auch die große Differenz zwischen dem Verhältnis der Längen der Sporocyste zur Oocyste zueinander

bei den beiden Coccidien, mit Ausnahme der Angaben Reichenow's, dessen Messungen meinen Beobachtungen überhaupt sehr gleichen.

Als wichtige Stütze der Auffassung von der Artgleichheit der beiden Vogelcoccidien ist noch der positive Ausfall der experimentellen Übertragungsversuche des Hühnercoccids auf Tauben von Fantham (1910 b) in Betracht zu ziehen. Um dieses Argument völlig beweiskräftig zu gestalten, muß aber noch der entsprechende Gegenversuch ausgeführt werden.

Zu berücksichtigen ist ferner noch, daß es sich bei *E. tenella* sehr wohl um zwei verschiedene Arten, ähnlich wie beim Kaninchencoccid, handeln kann (vgl. auch Reichenow 1921), von denen die eine vielleicht mit dem Taubencoccid identisch ist. Die Ähnlichkeit meiner Befunde mit denen Reichenow's und ihre Differenz mit den Angaben der anderen Forscher würden sich auf diese Weise gut erklären lassen.

Ich glaube, schließend meine Ausführungen dahin zusammenfassen zu können, daß es sehr wohl möglich ist, daß es sich beim Tauben- wie beim Hühnercoccid um dieselbe Art handelt. Diese Identifizierung ist zur Zeit aber zum mindesten noch verfrüht. Wir müssen vorerst genauere Untersuchungen über *E. tenella* abwarten; bis dahin halte ich es für zweckmäßig, den Namen *Eimeria pfeifferi* Labbé beizubehalten.

Literaturverzeichnis.

Basset, J. (1909): La coccidiose intestinale, maladie des jeunes animaux. Bull. soc. centr. méd. vét. Bd. 63 p. 463—481.

Cole, L. J. u. Hadley, P. B. (1910): Blackhead in turkeys. A study in avian coccidiosis. Agricult. exp station Rhode island state college. Kingston. Bull. 141.

Fantham, H. B. (1910a): The morphologie and life history of Eimeria (Coccidium) avium: a sporozöon causing a fatal disease among young grouse. Proc. zool. soc. London p. 672—691.

— (1910b): Experimental studies on avian coccidiosis, especially in relation to young grouse, fowls and pigeons. Ibid. p. 193—202.

Gérard, P. (1913): Le cycle évolutif d'une nouvelle coccidie aviaire. Eimeria bracheti (n. sp.). Arch. f. Protistenk. Bd. 29 p. 193—202.

Hadley, P. B. (1911): Eimeria avium: a morphological study. Ibid. Bd. 23 p. 7—50.

Jowett, W. (1911): Coccidiosis of the fowl and calf. Journ. of comp. path. a. therap. Bd. 24 p. 207—225.

Kunze, W. (1907): Über Orcheobius herpobdellae Schuberg et Kunze, ein Coccidium aus Herpobdella atomaria Car. (Nephelis vulgaris Moq.-Tand.) Arch. f. Protistenk. Bd. 9 p. 382—429.

Labbé, A. (1896): Recherches zoologiques, cytologiques et biologiques sur les coccidies. Arch. zool. expér. et gén. 3. série, Bd. 4 p. 517—654.

Labbé, A. (1899): Sporozoa. in: Das Tierreich. Berlin.
Moroff, T. u. Fiebiger, J. (1905): Über Eimeria subepithelialis n. sp. Arch. f. Protistenk. Bd. 6 p. 166—174.
Morse, B. (1908): White diarrhea of chicks. With notes on coccidiosis in birds. U. S. department of agricult. Bur. of animal ind. Circ. 128.
Pfeiffer, L. (1891): Die Protozoen als Krankheitserreger. 2. Aufl. Jena.
Reich, F. (1913): Das Kaninchencoccid Eimeria stiedae (Lindemann 1865) nebst einem Beitrag zur Kenntnis von Eimeria falciformis (Eimer 1870). Arch. f. Protistenk. Bd. 28 p. 1—42.
Reichenow, E. (1921): Die Coccidien. in: Handbuch d. pathog. Protozoen, Bd. 3 p. 1136—1277.
Schaudinn, F. (1900): Untersuchungen über den Generationswechsel bei Coccidien. Zool. Jahrb., Abt. f. Anat. u. Ontog. d. Tiere, Bd. 13 p. 197—292.
— (1902): Studien über krankheitserregende Protozoen. I. Cyclospora caryolytica Schaud., der Erreger der perniziösen Enteritis des Maulwurfs. Arb. a. d. Kais. Gesundheitsamt Bd. 18 p. 378—416.
Schellack, C. (1912): Untersuchungen über Coccidien aus Lithobius und Scolopendra (Barrouxia, Adelea, Eimeria). Verh. d. Deutsch. Zool. Ges. auf der 22. Jahresversammlung zu Halle. p. 163—179.
— (1913): Coccidienuntersuchungen. II. Die Entwicklung von Adelina dimidiata A. Schn., einem Coccidium aus Scolopendra cingulata Latr. Ibid. Bd. 45 p. 269—316.
Schellack, C. u. Reichenow, E. (1913): Coccidienuntersuchungen. I. Barrouxia schneideri. Ibid. Bd. 44 p. 30—77.
Swellengrebel, N. H. (1914): Zur Kenntnis der Entwicklungsgeschichte von Isospora bigemina (Stiles). Arch. f. Protistenk. Bd. 32 p. 379—392.

Tafelerklärung.

Tafel 4.

Alle Figuren wurden nach 5 μ dicken Darmquerschnitten gezeichnet, die mit Hämatoxylin nach Delafield gefärbt waren — nur Fig. 21 nach einem Hämalaunpräparat — bei Benutzung von Zeiss Apochromat 2 mm, Kompensokular 12 und des Abbe'schen Zeichenapparates. Vergr. 2500 ×.

Fig. 1. Schizont mit fertigen Merozoiten.
Fig. 2. Schizont mit fertigen Merozoiten; Querschnitt.
Fig. 3. Schizont kurz vor der Merozoitenausbildung.
Fig. 4. Freier Merozoit.
Fig. 5 u. 6. Multiple Kernteilung im jungen Microgametocyten?
Fig. 7—15. Entstehung der Microgameten.
Fig. 15. Fertige Microgameten um den Restkörper schwärmend.
Fig. 16—21. Entwicklung der Makrogameten.
Fig. 21. Macrogamet mit Reservestoffkörpern.
Fig. 22. Befruchtung.
Fig. 23. Zygote. Cystenhülle durch die Schnittführung an der einen Seite deformiert.
Fig. 24. Einzelne Sporocyste mit fertigen Sporozoiten.
Fig. 25. Reife Oocyste.



Einiges über die Morphologie von *Folliculina boltoni.*

Von
Ricardo Thomsen.

(Hierzu 17 Textfiguren.)

Im Dezemberheft 1919 des Journal of the Royal Microsc. Soc. London teilt Dr. E. PENARD mit, daß er im Arianapark bei Genf, an der Unterseite von Nymphaeablättern einige Ciliaten gefunden, die unzweifelhaft *Folliculina boltoni* seien.

Er führt dann weiter aus: „Referring to the classical work of BÜTSCHLI („Protozoa" p. 1729) I found, accompanying the diagnosis the following lines: Marine. Coasts of Europe and North America (fresh water also, according to KENT, Freia boltoni; however, wants confirmation; BARRETT also speaks of having found *Folliculina* in fresh water)". A little further on, BÜTSCHLI says again: „In the neighbourhood of *Folliculina* might also be placed the fresh water genus *Ascobius* (*lentus*), imperfectly described by HENNEGUY." ... „In case it were a *Folliculina*, it might be identical with KENT's boltoni."

„Referring then to the original authors, I ascertained that KENT had seen in fact a *Folliculina*, and evidently the same as the one, which I had recently found. BARRETT simply says that he found, in the Thames at Moulsford, his *Stentor barretti*" whilst looking for Lagotia (another name for Freia or *Folliculina*), which I had found before on reed from the abore locality (though Pritchard quotes Lagotia as a marine animal)."

„HENNEGUY's description of „*Ascobius*" is precise enough to make us certain that he had to do with the same species; but the

French author only saw retracted specimens. „I never saw", says HENNEGUY, „the animalcule come out or send a lobe out of the shell ... and I don't think the fact to be possible, given the narrowness of the aperture and the form of the animal"."

„We have then three *Folliculinae* (and all of them very likely *F. boltoni*) spoken of as belonging to fresh-water; and I think we might add a fourth to the list. ZACHARIAS, when treating of *Stentor coeruleus*, writes: „On the 10th of October I found a single specimen of this last species, in a flack-shaped cyst (fig. 12) which had an aperture at the elongated anterior end. The cyst itself, as well as the animalcule, was of a pole bluish colour. There wes no kind of stopper nor any operculum at the aperture of the cyst." Now according to this desccription, and also to the figure, ZACHARIAS had very likely seen *F. boltoni*.

„I was therefore rather astonished upon ascertaining quite recently that all the previous statements about a fresh-water type were considered due to defective observations. „The genus *Folliculina ishot* represented in fresh water," says SAHRHAGE (Arch. f. Protistenk. vol. 37, fasc 2. p. 144, 1916) and further, p. 145: „KENT claims to have found *F. boltoni* in fresh-water; a very doubtful species"; further still: „*F. boltoni* ... can hardly be recognized as belonging here; more likely it is a badly observed *Vaginicola*, whose shell, according to KENT himself, is just the same. The same might be said of the „shell-inhabiting Stentor" of BARRETT, so that in fact only marine *Folliculinae* are known to have been found to this day."

„Now these rather surprising statements, as well as some others of a different nature, which went against what I had seen, induced me to a further study. Although it was now the 12th of December the pond was not frozen over, and a few leaves of the water lilies were still floating about, from the undersurfaces of which a sufficient number of *Folliculinae*, in perfect condition, were gathered for study." —

In demselben Monat und Jahre, in dem Dr. E. PENARD zum ersten Male seine *Folliculinas* fand, hatte ich das Glück, in einem aufgestauten Teiche in der Nähe Montevideos drei Exemplare einer Folliculine zu finden, die nach den Beschreibungen und Zeichnungen von KENT und PENARD in allem mit ihrer *F. boltoni* übereinstimmten. Ich achtete damals nicht besonders darauf, da es sich meiner Meinung nach um schon längst allgemein bekannte und genügend beschriebene Ciliaten handelte, zumal ARNOLD LANG in seinem „Lehrbuch der vergleich. Anatomie der wirbellosen Tiere" beinahe nichts anderes von *Folliculina* sagt, als daß das Tier ein Stentor ist.

Erst als der Aufsatz von Penard und zugleich Bütschli's: „Protozoa“ in meine Hände gelangten, erfuhr ich, daß die *F. boltoni* nicht so bekannt und anerkannt als Süßwasserinfusor war, wie ich angenommen. In diesem Jahre, 1920, fand ich die *Folliculina* wieder und dieses Mal in solcher Menge, daß es mir möglich war, sie genau zu beobachten (über 100 Tiere) und ich glaube einiges Neue zu ihrer Kenntnis beitragen zu können, zumal Penard in seiner ausführlichen Arbeit die Ergebnisse meiner Beobachtungen nicht erwähnt, was er sicher getan, wenn sie ihm bekannt gewesen wären. Die Arbeit Sahrhage's kenne ich leider nicht, aber Sahrhage verneint die Existenz einer Süßwasser-*Folliculina*, um die es sich hier handelt, und bearbeitete also nur Salzwasser-*Folliculinas*, die etwas von der unsrigen verschieden sind.

Die *Folliculina boltoni* findet sich auf der Unterseite von in der Nähe des Ufers ins Wasser gefallenen Blättern von Pappeln, Weiden usw., an den Blättern und Stielen von Wasserpflanzen und besonders auf Myriophyllum. Die Vorliebe des Tieres für den Schatten und Stellen, die relativ rein sind von mikroskopischer Vegetation, ist auffallend, weil es nur auf der Unterseite von reinen Blättern und Stengeln gefunden wird, bei Myriophyllum nur auf den oberen reinen Blättern, nie auf den unteren mit Diatomeen usw. bestandenen Blättern. Die Form und Ausdehnung ihres Peristomfeldes erklären hinreichend diese Vorliebe. Daß ich im vorigen Jahre keine *Folliculina* gefunden habe, liegt wohl daran, daß das vorige Jahr sehr regnerisch und deswegen die den Teich durchfließende Wassermenge sehr groß war, so daß die Algen, deren Schwärmer die *Folliculina* vorzuziehen scheint, sich nicht genügend entwickeln konnten. Ebenso fehlte durchaus *Floscularia*, die erst in diesem Jahre wieder stark auftritt, wo eine ziemlich lange Trockenperiode eingetreten ist, die die Algenvegetation begünstigt.

Penard empfiehlt zur Beobachtung die Anwendung von ausgehöhlten Objektträgern, und er hat damit auch besondere Erfolge erzielt. Ich habe es vorgezogen, die Tiere auf den Blättern von Myriophyllum selbst zu lassen. Diese Methode hat den Vorteil, daß die Tiere nicht beschädigt und besonders gestört werden und da die Dicke der Blätter genügt, daß die Tiere bei der Anwendung starker Vergrößerungen nicht zu stark gedrückt werden, folgen sie schnell ihren Lebensgewohnheiten. Außerdem gelingt es auf diese Weise, die *Folliculina* in allen möglichen Stellungen vor das Objektiv zu bekommen, so daß ich mehrmals direkt von oben bis an den Mund selbst blicken konnte, und nur so war es mir möglich, einzelne

Besonderheiten zu Gesicht zu bekommen, die früheren Beobachtern entgangen sind und die hauptsächlich beim Fressen großer Bissen in die Erscheinung treten.

Die erwachsene *Folliculina* lebt in einem pyriformen flaschenartigen Gehäuse, dessen eine Längsseite abgeflacht, die andere etwas gewölbt ist. Der kurze Hals ist etwas nach oben gerichtet und endet in einer kreisrunden Öffnung, deren Rand zum Teil etwas nach außen gebogen ist. Die Maße sind in Mittel-Länge: 212 μ, Breite 153 μ, Höhe 51 μ (größte Ausdehnung) (Fig. 1—2).

Über die Materie, aus der das Gehäuse besteht, sagt PENARD: „This shell, which has been generally described as chitinous, is in reality quite different from that of

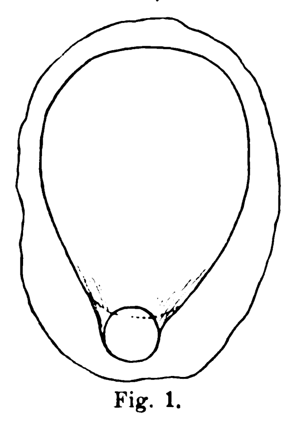


Fig. 1.

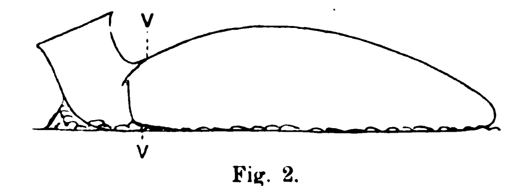


Fig. 2.

Fig. 1. Gehäuse von oben gesehen.
Fig. 2. Gehäuse von der Seite. V = Verschluß.

Vaginicola, and rather might be considered as consisting of hardend mucilage." Das Gehäuse ist auf den Blättern mittels einer klebrigen Materie befestigt, wahrscheinlich derselben, aus der das Gehäuse besteht, denn oft ist das Befestigungsmittel so stark aufgetragen, daß das Gehäuse auf einer tellerartigen Unterlage zu liegen scheint, deren Ränder über diejenigen des Gehäuses hinausreichen. Fig. 1 zeigt eine Unterlage, deren Maße 255×221 μ betragen (auch Fig. 17).

Das Gehäuse ist gewöhnlich durchsichtig und von ganz heller flaschengrüner Farbe. Mit der Zeit scheint sich die Transparenz zu verlieren, und darüberwachsende Vegetation und Detritus können die Durchsichtigkeit stark beeinträchtigen. Ich fand mehrfach eine Bicoecacee darauf wachsend.

BÜTSCHLI sagt in seinem Werke (Protozoa) Seite 1729 in bezug auf die *F. ampulla*: „Dicht hinter der Röhrenmündung ein aus mehreren Stücken bestehender noch ungenügend erforschter Schlußapparat." KENT gibt als Unterschied zwischen *F. boltoni* und anderen an: „And there are no internal valves." Ich habe nicht in allen Fällen einen Schlußapparat sehen können, wohl aber in sechs Fällen, und davon in zweien soweit deutlich, daß ich feststellen konnte,

daß der Verschluß aus zwei Lamellen besteht, wie die Fig. 2 zeigt; einer oberen, die über die untere etwas übergreift und zwar nach außen. Auf diese obere Lamelle wirkt eine Spitze des großen Flügels, die untere wird von dem Flügel selbst heruntergedrückt. Diese letztere ist nicht gerade, sondern dicht am Insertionspunkt in stumpfem Winkel gebrochen, so daß sie im ersten Drittel ziemlich am Boden des Gehäuses entlang geht, um sich dann schräg nach oben zu richten, etwas mehr wie die Hälfte der Öffnung schließend. Dieser Doppelverschluß ist etwas vor dem Beginne des Halses angebracht.

Am Grunde des Gehäuses ist das Tier mit der ganzen Breite seines Körpers befestigt (von oben gesehen), Fig. 3. Aus den Fig. 4 u. 5, Taf. I der Arbeit von Dr. Penard ist zu entnehmen, daß die von ihm gesehenen Folliculinen dem Grund des Gehäuses nur mit einer Spitze aufsitzen, während bei den vielen von mir beobachteten Exemplaren stets festzustellen war, daß die Basis breit war, wie es die Fig. 3 zeigt; und zwar mit der Besonderheit, daß der dem Grunde angeheftete Teil ebenso oder fast ebenso breit war, wie die Körpermitte (immer von oben gesehen) und der dazwischen liegende Teil bei ganz ausgestrecktem Körper enger, so daß man den Eindruck bekommt, daß die Körpermitte Myoneme oder eine andere Einrichtung besitzt, sie breit zu halten, die dem Zwischenteil fehlen. Die Körperform der *Folliculina*, die hier beobachtet wurde, ist also nicht „fusiform, attached to the bottom of the shell by its posterior extremity“, wie Penard sagt, sondern eher spatelförmig. Der vordere Teil des Körpers ist rund und schmaler, die Form eines langausgestreckten Halses annehmend, der sich weiterhin in zwei große Flügel teilt, die das Peristomfeld bilden.

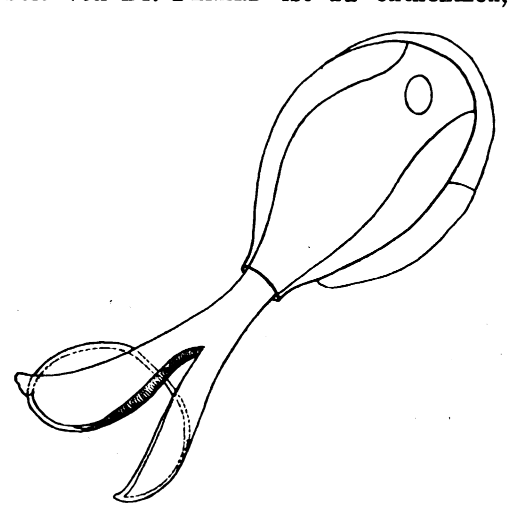


Fig. 3. *Folliculina boltoni.* Rückenansicht.

Bei der *F. boltoni* sind die beiden Flügel ungleich. Penard schreibt: „The 'wings' or peristomal lobes are in our species very

unequal in length and Kent describes them as such in the following terms: 'Peristome lobes rounded, of unequal size; one of these, usnally the left, atteining twice the dimensions of the other.' Does this inequality really concern now one of the lobes, now the other, and more generally the left 'as Kent supposes'. Unfortunately my observations on the subject have been very few and the results uncertain, owing to the difficulty of deciding among the crossing lines; but in my notes I find four sketches, in which the longer lobe seems to be the right, and two where the left seems the longer." In allen hier beobachteten Fällen war stets der rechte Flügel der größere — in ventraler Ansicht —. In bezug auf die Verschiedenheit drückt sich Kent etwas unklar aus. Der große Flügel hat ungefähr die doppelte Dimension nur in der Breite, aber nicht in der Länge. In dieser Beziehung ist der große Flügel nur etwas länger; etwas mehr, wie die Breite der adoralen Zone. Um sich in das Gehäuse zurückzuziehen, faltet nämlich die *Folliculina* die beiden Flügel derart zusammen, daß der kleinere sich in die konkave Einbuchtung der größeren legt, so daß jener rings von der adoralen Zone des größeren umgeben ist.

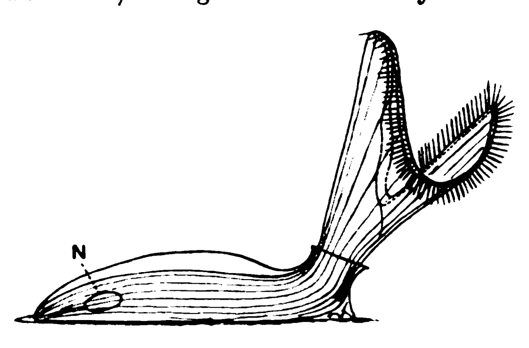


Fig. 4. *Folliculina boltoni.* Seitenansicht. N = Nucleus.

Beide Flügel stoßen in ventraler Seite in einem spitzen Winkel zusammen, während sie auf der dorsalen Seite durch einen Sattel verbunden sind, dessen tiefster Punkt mit der Spitze des Winkels ungefähr in einer Ebene liegt.

Der Hals der *Folliculina* ist sehr flexibel. Er kann eine halbe Umdrehung vollziehen, so daß der größere Flügel z. B., der zuerst rechts vom Beobachter war, nunmehr links zu stehen kommt (Fig. 5 u. 6). Ebenso vermag er sich etwas zu neigen. Die Flügel selbst haben je nach dem Tensionsgrade verschiedenes Aussehen. Der kleinere hat außerdem die Fähigkeit, sich gegen die Stromrichtung um eine Vierteldrehung zu wenden, so daß der Fall eintreten kann, daß beide Flügel von der Seite gesehen eine Ebene bilden, wie Fig. 7 zeigt, die etwas in der Stromrichtung geneigt ist. Die Strom-

richtung des angezogenen Wassers ist stets über den Sattel in Richtung auf den spitzen Winkel.

Der interessanteste der beiden Flügel ist unzweifelhaft der größere. Dieser stellt ungefähr einen Löffel dar mit der konkaven

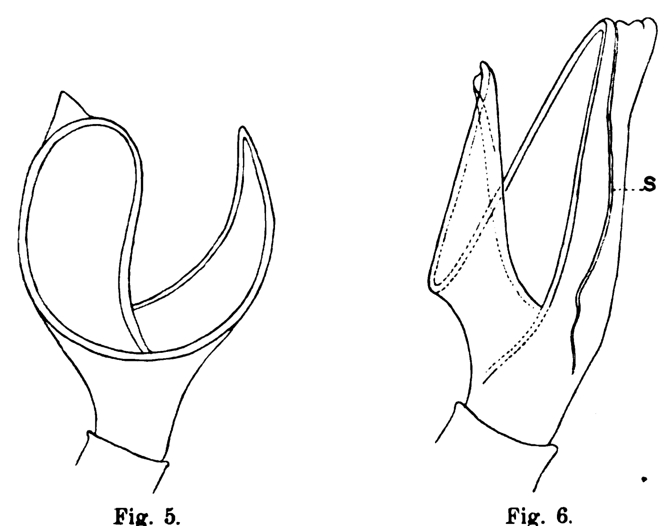


Fig. 5. Fig. 6.

Fig. 5 u. 6. 5 erste Stellung, 6 zweite Stellung nach Drehung des Halses. S = Skelett.

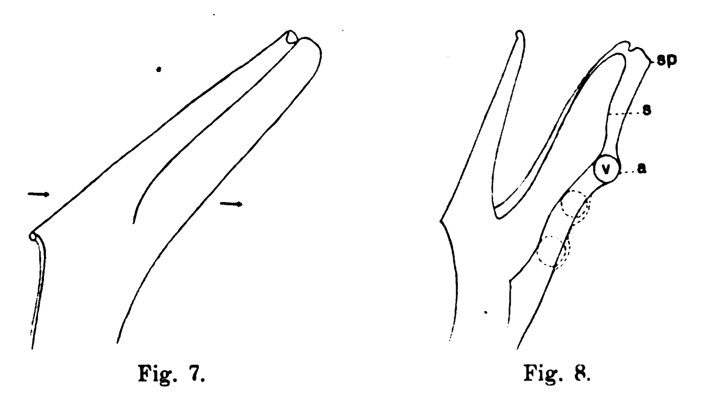


Fig. 7. Fig. 8.

Fig. 7. Stellung beider Flügel von der Seite. → Richtung des Wasserstromes. Fig. 8. Austritt einer Vakuole aus dem After. a = After, s = Skelett, sp = Spitze.

Seite nach innen und besteht aus verschiedenen Teilen. Das „Skelett“ scheint eine Art Myonem oder Muskel zu sein, hyalin, wenig biegsam, der den Grad der Tension angibt. Dieses selbe „Skelett“ bildet nach unten zu das Vestibulum und den Schlund — nach

Bütschli — und scheint auch einen Teil des kleinen Flügels zu bilden (s. Fig. 6 u. 8).

Diesem „Skelett“ ist auf der äußeren Seite die Cuticula, dieselbe, die den ganzen Körper bedeckt, aufgesetzt; scheinbar beschränkt sich die Verbindung nur auf den äußeren Rand des Flügels. — Bei der Beobachtung einer *Folliculina* mit der Ölimmersion wurde der Druck des Objektivs so stark, daß die Cuticula sich von der Spitze des Flügels löste und vollständig heil und in ihrer charakteristischen Form blieb, was nicht geschehen wäre, wenn sie in größerer Ausdehnung mit dem „Skelett“ verwachsen gewesen wäre. Aus der Zeichnung des zentralen Längsschnittes des großen Flügels (Fig. 8) ist zu erkennen, daß die Cuticula nicht mit dem „Skelett“ verwachsen ist. Zeichnungen des großen Flügels direkt vom Rücken desselben aus zeigen dasselbe; schließlich zeigt die Cuticula bei dem Maximum der Kontraktion des Tieres im Gehäuse keinerlei Falten, die darauf schließen lassen, daß sie irgendwie mit dem Skelett anders als wie am Rande des Flügels verwachsen ist. Selbst über dem After, der sich etwas mehr wie ein Drittel vom oberen Rande des ganzen Flügels in der Cuticula befindet, findet nur eine größere Annäherung statt, denn es gelang Kotvakuolen durch Druck auf das Deckglas am After vorbei in den oberen Teil des Flügels zu zwingen. Interessant ist die Beobachtung, daß beim Passieren der Kotvakuolen zum After stets nur die Cuticula der großen Vacuole nachgibt, niemals das Skelett (Fig. 8).

Eine Erscheinung, welche sofort die Aufmerksamkeit des Beobachters hervorruft, ist die Spitze, welche die *Folliculina* am großen Flügel und beim Verlassen des Gehäuses zeigt, und die erst dann völlig verschwindet, wenn der Flügel voll entfaltet ist. Diese Spitze wird von der Cuticula gebildet, und zwar, wenn man die Cuticula, von der obersten Rundung des großen Flügels an gerechnet bis zum After, in ungefähr drei gleiche Teile teilt, von dem zweiten Drittel. Es scheint dort die Cuticula ein in der Mitte in der Längsrichtung liegendes, beim lebenden Tiere nicht näher erkennbares, starres Organ zu besitzen, während das oberste Drittel dessen entbehrt, wie die Fig. 6 u. 8 zeigen, wo deutlich die Falten im horizontal abstehenden ersten Drittel zu sehen sind. Dehnt sich der Flügel bis zu seiner größten Extensionsfähigkeit aus, so wird das oberste Drittel der Cuticula mit in die Höhe gezogen und es kommt dadurch die ganze Cuticula in eine Ebene zu liegen; die Spitze verschwindet. Zieht sich im Gegenteil der Flügel zusammen, so wird auch das obere Drittel mit heruntergezogen, bis schließlich bei vollständiger Kon-

traktion des großen Flügels das erste und zweite Drittel der Cuticula mit der Innenfläche aufeinander zu liegen kommen und beide zusammen eine mehr oder weniger abgerundete bis scharfe Spitze bilden, die über den Flügelrand nach oben hinausragt (Fig. 9—12) und mit mehreren unbeweglichen Cilien versehen ist, wie die übrige

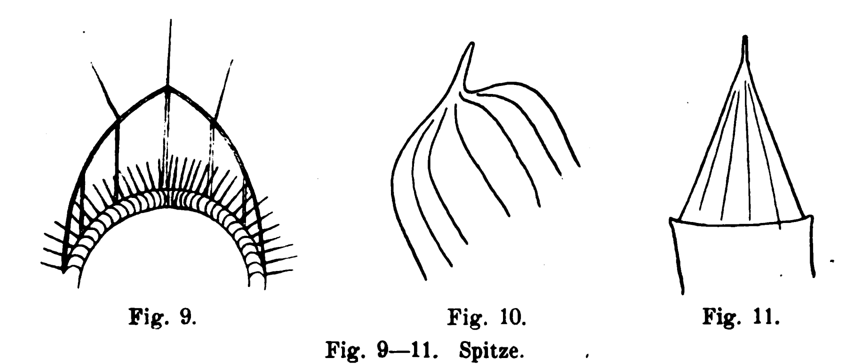


Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11.
Fig. 9—11. Spitze.

Cuticula auch. Fig. 10—12 zeigen dagegen eine deutliche nadelartige Verlängerung. Die mehr oder weniger ausgeprägte Form eines Dreiecks läßt vermuten, daß die Cuticula in dieser Lage der *Folliculina* einmal als Keil zum Öffnen des Verschlusses dient, dann aber auch zur Führung des großen Flügels, während das Tier beim Ausstrecken aus dem Gehäuse in den Halsteil eintritt und durch diesen hindurchgeht. Denn die *Folliculina* füllt im Zustande der größten Kontraktion nur etwas mehr wie die Hälfte des Gehäuses aus, wobei die Spitze der großen Flügel von unten gesehen ganz an den rechten Rand mit dem Rücken zur Seite zu liegen kommt (Fig. 17). Beim Herausschlüpfen aber dreht sich das Tier so, daß noch vor dem Eintritt in den Halsteil der Rücken des großen Flügels, und damit die Spitze, gegen die gewölbte Decke des Gehäuses gewendet ist und in dieser Stellung herauskommt, wobei die Spitze die Führung übernimmt. Man gewinnt dadurch zwar ebenfalls den Eindruck, als ob die Spitze auch zur Untersuchung der Umgebung diene, doch übernehmen diese Funktion ausschließlich die Membranellen. Die *Folliculina* hebt zu dem Zweck

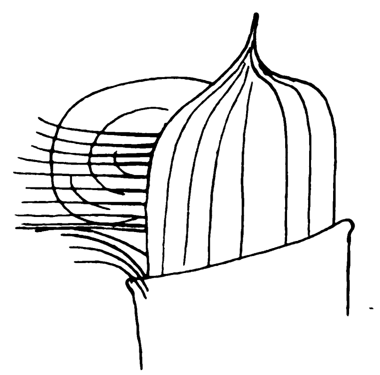


Fig. 12. Spitze und Vorspiel der Membranellen.

auch einen Teil der Flügel aus dem Gehäuse und läßt dann die Membranellen spielen. Selbst im Gehäuse findet das Rekognoszieren durch das leise und langsame Spiel der Membranellen statt (Fig. 12).

Die innere Einbuchtung des großen Flügels wird durch eine Membran überspannt, die rings unter dem Wulst der adoralen Zone befestigt ist und die zugleich auch das Vestibulum verdeckt, denn sie geht dem linken Rande des großen Flügels folgend in derselben Längsrichtung bis zum tiefsten Punkt des Sattels und weiter bis zum kleinen Flügel resp. dessen Verlängerung in das Vestibulum. Die Membran besitzt längs des rechten Randes einen Schlitz von

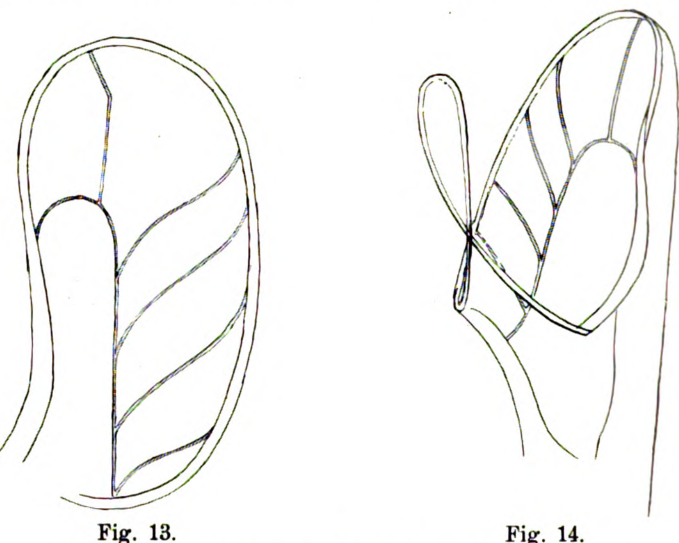


Fig. 13. Fig. 14.

Fig. 13. Membran am großen Flügel. Rückenansicht.
Fig. 14. Idem etwas von der Seite.

etwa $^1/_3$ Flügelbreite. Dieser Schlitz beginnt an einer charakteristischen Stelle des Peristomrandes. Der Wulst der adoralen Zone am Peristom ist nämlich nicht in der ganzen Ausdehnung gleichmäßig. Das letzte Viertel auf der rechten Seite des großen Flügels zeigt, anstatt der ursprünglichen Richtung nach unten zu folgen, in seinem mittleren Teil eine Ablenkung nach unten und außen, wobei der Wulst sich verbreitert, als ob die äußere Linie des Wulstes Raum zur Drehung ins Vestibulum gewinnen wollte. Dort nun, wo der Wulst beginnt sich — man könnte sagen lippenartig — zu verbreitern, liegt der abgerundete Beginn des Schlitzes, der nach unten zu bis an das Vestibulum offen bleibt, auf diese Weise den Membranellen den Durchgang ins Vestibulum gestattend (Fig. 13).

Die Membran ist durch fünf seilartige Verdickungen verstärkt, die ebenfalls vollkommen hyalin und nur bei günstig einfallendem Licht sichtbar sind; eine geht von der oberen Rundung des Schlitzes in der Längsrichtung zur oberen Rundung des Flügels und ist etwas gebrochen (oder gegabelt?). Die vier anderen liegen transversal, eine unter der anderen und etwas entfernt voneinander, die oberste etwa auf ein Viertel Flügellänge von oben, die unterste am Beginn des Sattels (Fig. 13 u. 14).

Diese Membran ist keine undulierende Membran im eigentlichen Sinne des Wortes, denn sie bewegt sich nur, wenn der große Flügel noch nicht völlig ausgestreckt ist. Bei der maximalen Ausdehnung ist die Membran absolut straff gespannt und so durch die seilartigen Verdickungen gehalten, so daß der Schlitz in seiner vollen Breite zur Geltung kommt.

Ohne behaupten zu wollen, daß es sich wirklich so verhält, glaube ich, daß der Nutzen der Membran für das Tier aus der Tatsache hervorgeht, daß der von den Membranellen erzeugte Wasserstrom sich stets über den Sattel in der Richtung auf den spitzen Winkel zu bewegt. Mit dem Wasser mitgerissene Nahrungsteilchen müssen also zunächst über die Membran und können erst durch den Schlitz ins Innere, wobei sie sofort in die Gewalt derjenigen Membranellen gelangen, die die Aufgabe haben, die Nahrungsteilchen ins Innere zu befördern.

Hier ist es vielleicht auch am Platze den Gedanken einzuschalten, daß die Membranellen, welche sich an jener oben erwähnten Ausbuchtung der adoralen Zone an der rechten Seite des großen Flügels gerade am Schlitz entlang befinden, nicht mehr zum Kreise der das Wasser anziehenden Membranellen gehören, sondern zur Gruppe der im Vestibulum befindlichen, denen die Aufgabe zufällt, die Nahrungsteilchen ins Innere zu befördern.

Die adorale Zone beginnt am kleinen Flügel beim spitzen Winkel, umkreist den kleinen Flügel, geht über den Sattel weiter, um nun den großen Flügel von rechts und links zu umkreisen und schließlich in $1^1/_2$ Umdrehungen durch das Vestibulum zum Munde zu gelangen. Die adorale Zone des Peristoms besitzt keine Cilien sondern nur Membranellen „each of them consisting of half-a-dozen cilia. These small groups of cilia are compressed into a lamina, whose basis marks a transverse line on the peristome border and these parallel rodlike transverse lines gives to the peristome border a special scalariform appearance“ (Penard).

Ich kann mit Penard darin nicht übereinstimmen, daß die er-

wähnten transversalen Linien am Peristomrande die Basis der Membranellen seien. Ich konnte nur bemerken, daß die Membranellen mit ihrer Basis der äußeren Linie des Peristomrandes aufsitzen, — sowohl beim Zusammenschlagen nach innen, wie bei der Wendung nach außen sah ich dasselbe (Fig. 9). — Diese Linien oder „Rinnen“ dienen meiner Meinung nach dazu, die nach innen geschlagenen Membranellen aufzunehmen, wodurch auf dem Rande eine glatte, ebene Fläche hergestellt wird, die für die *Folliculina* beim Hinein- oder Herausschlüpfen von großem Vorteil ist. Denn die entfalteten Membranellen zeigen alle nach außen, beim Einschlagen vollführen sie zunächst einen Halbkreis um ihre Basis nach innen und gehen weiter, bis sie den Grund der inneren Höhlung erreichen, wobei sie beim großen Flügel auf die Membram zu liegen kommen, und dadurch Platz für den kleinen Flügel schaffen. Deswegen sagt Penard: „At the same time it looks as of the pectinellae had grown much longer; perhaps, when looking towards the concavity of the lobe, they were more or less curled downwards.“

Die Membranellen haben die Fähigkeit sich unabhängig voneinander zu bewegen. So sieht man zunächst nur eine kleine Gruppe sich bewegen, dann kommen einige, die sich ruhig verhalten, dann bewegen sich nur einzelne an anderer Stelle usw. Man sieht dieses Spiel besonders gut, wenn die *Folliculina* eben herausgekommen ist, und man kann sich bei dem langsamen und oft unterbrochenen Spiele der Membranellen des Eindrucks nicht erwehren, daß das Tier äußerst vorsichtig ist.

Dieselbe Art Membranellen, die sich am Peristomrande befinden, setzen sich ins Innere des Vestibulums fort, und zwar auf einem Wulste und jede begleitet von einem entsprechenden langen Streifen. Oft beobachtet man an der halb ausgestreckten *Folliculina* ein Spiel von Membranellen, welches die Membranellen des ersten halben Umganges sind bis dort, wo auf dem rechten Peristomrande die schon erwähnte Ausbuchtung beginnt. Die Membranellen, die auf den ersten halben Umgang nach unten folgen, sieht man häufig beim ziemlich stark kontrahierten Tiere, während man die des letzten Umganges beim völlig ausgestreckten Tier und von der Seite blickend am besten beobachtet werden können. —

Penard sagt: “The peristomal furrow .... plunges into the vestibulum, reaching as far as the mouth at the bottom of the vestibulum itself; but the more it descends the thinner are the pectinellae, and at least we find nothing but ordinary cilia. These, however, do not loose their activity, but on the contrary show more

rapid vibrations, and near the bottom of the vestibulum the movements are so quick, that one might be tempted to see there an undulating membrane."

Bei meinen eigenen Beobachtungen konnte ich nun mit unzweifelhafter Sicherheit feststellen, daß es am letzten Umgang nicht Cilien sind, deren äußerst rasche Bewegung eine Membran vortäuscht, sondern daß es tatsächlich Membranellen sind, die sich in ruhigem Takt bewegen, denn es gelang mir, soweit sie in der Focalebene der Immersionslinse lagen, die einzelnen Membranellen zu zählen, 5 auf der einen, 3—4 auf der anderen (Fig. 15). Oben wurde die Unabhängigkeit der Membranellen voneinander in bezug auf die Bewegung erwähnt. Am Peristom ist die Bewegung bald schnell, bald langsam; im Vestibulum ist sie ausschließlich schnell, und vielleicht hat Penard darin recht, daß je weiter nach unten, desto schneller sich die Membranellen bewegen. Die letzten Membranellen schlagen dagegen in ruhigem Takte. Ich konnte je einen Schlag in etwas weniger wie eine Sekunde zählen, doch ändert sich der Takt etwas. Diese Membranellen sitzen mit der Spitze nach unten und in den Pharynx (Bütschli) hineinreichend auf dem Wulst auf. Sie haben die Mission, die Nahrungsteilchen usw., welche in den Pharynx gelangen, dort festzuhalten. Ist der Schlund gefüllt, verdoppelt oder verdreifacht sich die Häufigkeit der Schläge — scheinbar auch die Stärke —, und dann beginnt sich die im Schlunde gebildete Vakuole durch das Schlundrohr ins Innere zu bewegen, ohne daß es möglich wäre, irgendeine peristaltische Bewegung des Schlundes festzustellen, die dazu beiträgt, die Vakuole in Bewegung zu setzen. Es wiederholt sich, was Bütschli in seinem Werke über die Vorticelliniden p. 1406—1407 mitteilt.

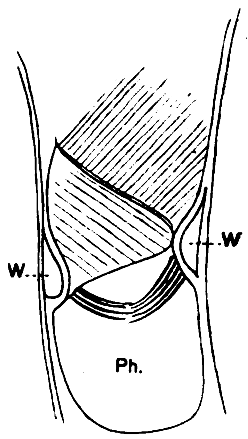


Fig. 15.
Schlund Membranellen zeigend. W = Wulst, Ph = Pharynx.

Auf p. 1408 schreibt Bütschli: „Möbius glaubt, daß die Kontraktionen der Schlundröhre die Beförderung der Nahrung durch dieselbe bewirken; mit Rücksicht auf die Vorticellinen scheint dies nicht ganz sicher, doch liegen ja die Verhältnisse bei *Folliculina* insofern anders, als die Schlundröhre stets ziemlich weit geöffnet ist." — Ich weiß nicht, ob bei der *Folliculina ampulla*, die Möbius

beobachtete, die Schlundröhre tatsächlich so weit geöffnet ist, wie er behauptet und zeichnet (BÜTSCHLI Taf. LXIX Fig. 3e); bei der *Folliculina boltoni* existiert dieses offene Schlundrohr bestimmt nicht, sondern auch hier stimmt, was BÜTSCHLI über die Vorticellinen sagt (p. 1406): Bekanntlich ist dies Schlundrohr völlig kollabiert, erst die eindringende Nahrung öffnet es."

Die einzige peristaltische Bewegung, die ich beobachten konnte, wenn auch nicht in ihren Einzelheiten wegen der großen Schnelligkeit der Bewegung, ist diejenige, wenn die *Folliculina* einen besonders großen Bissen verschluckt. Der Ring, den der Wulst unten bildet, öffnet sich weiter, indem er nach oben und hinten rückt. Mit dieser Bewegung werden die Membranellen, die die Nahrungsteile im Schlunde zurückhalten, mit ihrer Spitze derart nach oben gehoben, daß sie um ihren Basispunkt beinahe einen Winkel von 90 Grad beschreiben, was den Eindruck hervorruft, als ob sie nach dem Bissen griffen, um ihn hereinzuziehen. Zu gleicher Zeit wird der Schlund durch die Expansion des Ringes mit emporgehoben, ein Zeichen, daß auch der Schlund einen Teil des „Skelettes" bildet, wie oben erwähnt.

Die *Folliculina boltoni* erweist sich hier eigentlich als ein Allesfresser, wenn auch ihr Auswahlvermögen sehr ausgeprägt ist. Im Wasser suspendierte Nahrungsteilchen, wie Diatomeen, Schwärmer von Algen und sogar kleinere Ciliaten bilden ihre Nahrung. Die Diatomeen scheinen reichlich unverdaulich zu sein nach dem Zustande zu schließen, wie sie wieder aus dem After heraustreten. Die Menge der Nahrung ficht die *Folliculina* nicht weiter an. Ich sah eine *Folliculina* auf einmal zwei Schwärmer, dann eine *Glaucoma* und wieder zwei Schwärmer innerhalb 2 oder 3 Sekunden verschlingen, und nichts wurde zurückgewiesen. Leider konnte ich wegen der geringen Durchsichtigkeit des Gehäuses nicht genau beobachten, wie diese Menge ins Innere befördert wurde. Ich konnte nur verfolgen, daß die *Glaucoma* fast ohne Aufenthalt durch den Schlund und Schlundröhre befördert wurde. Die *Glaucoma* ist schon ein ansehnlicher Bissen für die *Folliculina*, und der Umstand, daß er dennoch aufgenommen wurde, ist ein Beweis für die große Ausdehnungsfähigkeit des Mundes.

Wie die übrigen Beobachter war es mir nicht möglich, irgendwelche kontraktile Vakuolen zu entdecken, so daß die *Folliculina boltoni* darin den marinen Formen gleicht. Nur etwas vor der halsartigen Verengerung des Körpers, von oben gesehen auf der rechten Seite (Fig. 16), befindet sich eine von Plasma freie, aber rings von

Plasma umgebene Höhlung, die von der Cuticula nur durch eine Plasmawand getrennt ist. Sowohl die in den Körper gelangenden, wie die austretenden Vakuolen bewegen sich links an der Höhlung vorbei. Diese ist dazu bestimmt, bei kontrahiertem Körper Pharynx und einen Teil des Vestibulums aufzunehmen.

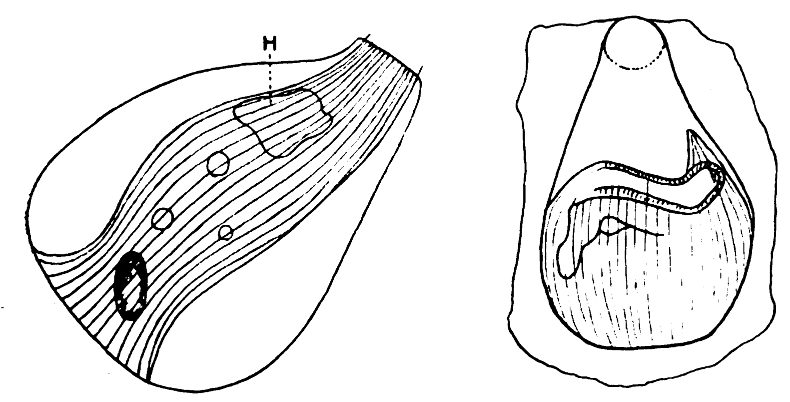


Fig. 16. Körper von unten. H = Höhlung.
Fig. 17. Kontraktion und Lagerung im Gehäuse von unten.

Sämtliche Bilder gezeichnet ohne Zeichenapparat und am lebenden Tiere. Wegen der Übersichtlichkeit sind nur die Hauptlinien gezogen.

Die Ergebnisse obiger Ausführungen zusammenfassend, ist festzustellen:

1. Mit Kent und Penard kann ich versichern, daß eine *Folliculina boltoni* im Süßwasser existiert, und zwar neben anderen Orten auch in Montevideo (Uruguay), die die von Kent bereits beschriebenen Charaktere besitzt und kontraktiler Vakuolen entbehrt.

2. Die *Folliculina boltoni* besitzt eine Membran, die den großen Flügel bedeckt, einzigste Ausnahme, bis heute, innerhalb der Familie der Stentoriden.

3. Die von Möbius in Bütschli beschriebene und gezeichnete Membran ist nicht vorhanden, sondern es sind Membranellen, die die Aufgabe haben, die Nahrungsteilchen in dem Schlund festzuhalten und sie ins Innere zu treiben.

Nachtrag.

Es mag mir hier eine Bemerkung gestattet sein, die es vielleicht erklärt, warum die Membranellen des Vestibulums im

Gegensatz zu den anderen in ungleich schnellerer Bewegung verharren. Ich beobachtete nämlich bei einer *Folliculina*, die ich nach einem Regentage, wo das Wasser trüb war, auf Nitella vor dem Objektiv hatte, daß, während das angesogene Wasser infolge der Vergrößerung keine besondere Verunreinigung zeigte, auf der anderen Seite, der ventralen, ein ziemlich dicker Streifen von Unrat oder Schmutz von der *Folliculina* als unbrauchbar abgeschieden wurde. Nun hat aber die *Folliculina* für Kotvakuolen einen ganz bestimmten Weg und auch eine ganz bestimmte Austrittstelle. Andererseits ist wohl nicht daran zu denken, daß die *Folliculina* sich in einem derartigen physiologischen Zustande befunden haben kann, daß sie Unrat durch das Vestibulum herauszubefördern gezwungen war, zumal gut zu beobachten ist, daß bereits die Membranellen der ersten halben Umdrehung eine Sichtung des Futters vornehmen. Da kam mir nun der Gedanke, ob die äußerst schnelle Bewegung der Membranellen des Vestibulums nicht eine einfache Anwendung der Centrifugalkraft darstellt, vermöge derer die Tiere imstande sind, den Schlund, wie es ja auch die einfache Beobachtung zeigt, nur mit konzentrierter Nahrung zu füllen und so das Wasser, das in der Nahrungsvakuole mit in den Körper geht, auf den allernotwendigsten Grad zu reduzieren.

Die gleiche Beobachtung gilt auch für viele andere seßhafte Ciliaten, Vorticellinen usw., und Rotiferen, bei denen häufig eine gleiche Erscheinung zu beobachten ist. *Melicerta ringens* besonders zeigt das beim Gehäusebau in besonders interessantem Maße.

Istituto d'Istologia ed Embriologia dell' Università di Varsavia.
(Direttore Prof. Dr. M. Konopacki.)

Ricerche sperimentali sulla coniugazione degli Infusori.

I. Influenza della coniugazione sull' assorbimento dell' O_2 nel *Paramaecium caudatum*.[1])

Del
Juljusz Zweibaum.

(Con 2 figure nel testo.)

Nonostante i numerosi lavori sulla coniugazione degli infusori fatti in quest' ultimi tempi, la fisiologia di coniugazione non è affatto conosciuta.

Nelle ricerche fatte finora si considerava sopratutto la parte descrittiva del fenomeno senza introdurvi dell' elemento sperimentale analiticamente costruito. Oggi ancora come nel tempo di Maupas si parla della digenerazione senile degli Infusori e di loro ringiovanimento dopo la coniugazione senza precisare il significato di questi termini. La difficoltà delle ricerche quantitative sulla coniugazione consistevano nell' impossibilità di ottenere tanto una grande percentuale degli individui atti alla coniugazione, quanto una vera epidemia. Le epidemie di coniugazione osservate finora sono epidemie sui generis: appariscono nei casi rari ed il numero delle coppie è tanto piccolo da rendere impossibile ogni tentativo di misurare anche

[1]) Nota presentata alla Società di Scienze di Varsavia il 15 Novembre 1918.



coi apparecchi sensibilissimi qualunque manifestazione del ricambio materiale.

Il metodo, descritto da me qualche anni fa, per rendere gli infusori atti alla coniugazione epidemica, mi ha permesso di iniziare le esperienze quantitative sull' influenza di coniugazione sull' assorbimento dell' ossigeno e sulla produzione dei materiali di riserva nel *Paramaecium caudatum*.

Nel precedente mio lavoro sull' influenza dell' asfissia sull' apparecchio nucleare del *Paramaecium caudatum* ho supposto che la coniugazione avesse per lo scopo la riconstruzione del macronucleo, quale organo centrale dei fenomeni ossidativi della cellula. Ora, se questa supposizione fosse vera, gli infusori dovrebbero manifestare dopo la coniugazione una maggiore intensità nell' assorbimento dell' O_2 da quella prima di coniugazione. Questo parlerebbe in favore dell' ipotesi che il macronucleo perde progressivamente le sue facoltà funzionali e ne riprenderebbe solo dopo coniugazione. Mi pareva pure giustificata ipotesi di una progressiva riduzione anche di facoltà sintetiche del macronucleo. In questo caso la quantità dei materiali di riserva dovrebbe essere molto ridotta nel periodo preconiugativo e crescere intensamente dopo coniugazione.

In questa prima parte del lavoro mi occupero solo dell' influenza di coniugazione sull' assorbimento dell' O_2. Qui accenno solo che le mie supposizioni intorno alla questione di riduzione dei materiali di riserva prima di coniugazione e di loro aumento dopo si sono completamente verificate.

Le esperienze furono fatte col microrespirometro di Thunberg in modificazione di Winteestein. L'apparecchio fu immerso nel acquario di vetro, dove la temperatura oscillava tra il 23° e 23,2° C. Questa constanza di temperatura si otteneva mercè una buonissima termoregulazione ed il continuo mescolare dell' acqua con un' elica a quattro rami. La cultura-madre fu tenuta nel termostato a 21°—23° C.

Il misurare l'assorbimento dell' ossigeno da una cultura degli infusori riscontra molte difficoltà per la presenza di batterie del liquido culturale. Ne consegue che le misure dell' assorbimento dell' O_2 rappresenterebbero tanto la quantità dell' O_2 assorbito da infusori, quanto quello dei batteri. D'altra parte diventa impossibile l'eliminazione dei batteri della cultura in condizioni normali. Per questa ragione ho dovuto rivolgermi ad un' artificio il quale consisteva nel compensare l'azione batterica della cultura degli infusori con liquido culturale contenente solo i batteri, messo nell' altro recipiente del microrespirometro.

Procedevo nel modo seguente. La cultura degli infusori fu centrifugata e una parte del liquido al disopra del precipitato sottraevo con una pipetta. Alla parte rimanente aggiungevo una certa quantità d'acqua. Con questo metodo ottenevo oltre alla maggiore concentrazione degli infusori anche la diminuizione della quantità dei batteri. Il tutto veniva poi diviso in due parti, tenute durante 24 ore nel termostato, giacchè gli infusori centrifugati perdono per un certo tempo la loro abituale agilità e giacciono sul fondo del recipiente. Dopo 24 ore dall' una di queste culture prendevo 2 cc. del liquido cogli infusori e le mettevo in un recipiente dell'apparecchio per misurare l'assorbimento dell' O_2; dall' altra, dopo averla centrifugata prendevo pure 2 cc. del liquido al disopra del precipitato, contenente solo i batteri e le mettevo nell' altro recipiente — per compensare l'azione batterica. Questo fu il metodo generalmente usato nelle mie esperienze.

Un' altro metodo consisteva nel misurare l'assorbimento dell' O_2 degli infusori nell' ambiente dell' acqua potabile bollita. Questo si ottiene facilmente centrifugando gli infusori e lavando poi parecchie volte il precipitato con acqua potabile bollita. Una volta ottenuti gli infusori lavati aggiungevo alla provetta una certa quantità d'acqua ed in seguito procedevo del tutto come nel primo metodo. Infine il terzo metodo consisteva nel misurare la quantità dell' O_2 assorbita prima da un gran numero di infusori nell' ambiente naturale poi di un piccolo numero nell' unità di tempo. In tutti due casi mettevo nel secondo recipiente dell' apparecchio dell' acqua destillata. In base alla differenza della quantità dell' O_2 assorbito in due casi ho potuto calcolare la quantità dell' O_2 assorbito da 1000 infusori in un' ora.

Per misurare l'assorbimento dell' O_2 nel periodo preconiugativo e postconiugativo mi servirono tutti questi tre metodi. Per misurare invece l'assorbimento dell' O_2 durante la coniugazione procedevo in generale usando il primo metodo, giacchè la grande diluizione dell'ambiente quale si ottiene mediante il lavaggio influisce male sull'intensità dell' epidemia di coniugazione. **Invece la centrifugazione stessa non ha nessun effetto sull' intensità dell' epidemia di coniugazione.**

Per evitare dell' errore unilaterale il quale avrebbe potuto risultare nel misurare il gaz assorbito dagli infusori in un recipiente solo dell' apparecchio — ho fatto le esperienze alternativamente nell' uno e nell' altro recipiente del microrespirometro.

Gli infusori furono contati sul vetro porta-oggetti diviso in

mm[2] sul centimetro di superficie. L'errore medio risultante dei calcoli fu di 4,5 %.

L'assorbimento dell' O_2 fu misurato ogni 15 ed ogni 30 minuti e calcolato per 1000 infusori in un' ora.

Per ottenere gli infusori atti alla coniugazione usavo il metodo descritto da me nel precedente mio lavoro sulla coniugazione degli infusori. Durante queste esperienze una delle culture-madri "N_8" in condizioni normali mi ha fornito gli infusori atti alla coniugazione. Come stimolo coniugativo ho usato il $FeCl_3$ in concentrazione m/60000. Due volte però ho ottenuto relativamente forti epidemie di coniugazione senza aggiungere il sale.

Per poter calcolare la quantità dell' O_2 assorbito solo dalle coppie durante la coniugazione bisognava anzitutto stabilire quale intensità di epidemia si ottiene in condizioni ottimi con materiale adoperato da me. 10 misurazioni di controllo fatte in diverso tempo in condizioni di $FeCl_3$ in concentrazione m/60000 ed alla temperatura di 23° C mi hanno date le cifre seguenti: 92 %, 83,3; 84,0; 83,1; 82,2; 81,6; 81,4; 80,0; 78,3; 76,1 %, cioè in media 82,2 % di individui accoppiati. Ho ammesso dunque, che in tutte le esperienze ci sia il 82,2 % di individui atti alla coniugazione ed una constante di 17,8 % di individui non atti alla coniugazione. Questo fu la base dei calcoli nelle esperienze tanto prima quanto durante la coniugazione.

Siccome l'epidemia di coniugazione non si sviluppa bene nel recipiente del microrespirometro, diventa impossibile il misurare l'assorbimento dell' O_2 durante tutto lo sviluppo di questa. Ho dovuto perciò misurare l'assorbimento dell' O_2 corrispondente ad un determinato percento di coppie. Mettevo perciò nell' apparecchio 2 cc^3 di cultura in epidemia con un determinato percento di coppie e misuravo durante 2 o 3 ore la quantità dell' O_2 assorbito da questo percento di coppie.

Tutte le esperienze furono fatte alla temperatura di 23° C come optimum per la coniugazione. CO_2 veniva assorbita nell' apparecchio stesso con KOH 33 %. Tutti i volumi di gaz riferiti in questo lavoro sono ridotti all' 0° C e 760 mm, tenendo conto della tensione di vapore d'acqua.

Se si chiude l'apparecchio subito dopo aver messo dentro gli infusori la cultura assorbe una grande quantità dell' O_2. Questo avviene in seguito alla saturazione coll' O_2 dello strato superficiale del liquido culturale. Ho dovuto perciò eliminare questo fattore dalle mie misurazioni. Per questo scopo i due recipienti del microrespirometro furono dopprima aerati durante 20 minuti, poi l'appa-

recchio veniva chiuso. La prima lettura seguiva dopo 15 o 20 minuti e la goccia indicatrice era rimessa al punto di partenza, cioè al 0. Questa prima misurazione fu eliminata dai miei calcoli. In seguito il processo d'assorbimento dell' O_2 si svolgeva già regolarmente.

Gli infusori già resi atti alla coniugazione in 24 ore prima del principio dell' epidemia di coniugazione, assorbono, come risulta dalle mie esperienze le quantità molto piccole dell' ossigeno.

Infatti, ho fatto 20 misurazioni di una durata da 4 a 8 ore coi tre metodi sopra descritti in diverse condizioni d'ambiente. Da queste esperienze risulta che 1000 infusori in un' ora assorbono da 0,450 a 1,365 mm^3 dell' O_2.

Quest' ultimo valore ho trovato un' unica volta, mentre nelle maggioranza di casi i risultati ottenuti furono concordi. La quantità media dunque dell' O_2 assorbito da 1000 infusori in un' ora nel periodo preconiugativo è di 0,737 mm^3 (tav. 1). Dalle mie esperienze risulta inoltre che nell' unità di tempo in un dato sperimento gli infusori assorbono le quantità uguali dell' O_2, indipendentemente dalla quantità degli infusori contenuti nella cultura.

Tavola 1.

No. d'ordine	Condizioni	Numero degli infusori	Liquido di compensazione	Durata delle esperienze	Quantità dell' O_2 assorbito da 1000 infusori in un' ora
				minuti	mm^3
1.	Cultura centrifugata	38 796	liquido culturale centrifugato	170	0,775
2.	"	14 772		415	1,365 (?)
3.	"	4 240	"	380	0,679
4.	"	4 725	"	480	0,450
5.	"	20 640	"	255	0,458
6.	"	16 800	"	435	0,555
7.	"	6 780	"	420	0,556
8.	"	7 740	"	345	0,870
9.	"	3 662	"	420	0,778
10.	" + $FeCl_3$ m/60 000	4 980	" + $FeCl_3$ m/60 000	400	0,747
11.	" "	9 320	"	340	0,708
12.	" $CaCl_2$ m/6000	6 324	" + $CaCl_2$ m/6000	120	0,719
13.	" NaCl m/1200	8 964	" + NaCl m/1200	305	0,723
14.	Cultura nell' acqua potabile	11 794	acqua potabile	160	0,731
15.	"	9 198	"	375	0,787
16.	" $FeCl_3$ m/180 000	5 000	" + $FeCl_3$ m/180000	360	0,699
17.	" "	7 340	"	420	0,766
18.	" " m/60 000	13 200	" " m/60 000	150	0,816
19.	" $CaCl_2$ m/4800	7 776	" + $CaCl_2$ m/4800	345	0,806
20.	" NaCl m/1200	10 340	" + NaCl m/1200	240	0,752
					In media 0,737

WARBURG nei suoi ultimi lavori sopra l'influenza dei ioni di Fe. sull' intensità dei processi ossidativi nelle uova dei Echinodermi arriva alla conclusione che il Fe. costituisce un' agente stimolante al sommo grado questi fenomeni. Questo fatto fu importantissimo per la mia tesi, giacchè per ottenere le epidemie di coniugazione ho adoperato precisamente il Fe. Per risolvere questa importantissima questione aggiungevo alla cultura contenente gli infusori tanto nel periodo preconiugativo come postconiugativo una determinata quantità di $FeCl_3$. Ora, dalle numerose esperienze comparate fatte cogli infusori nell' ambiente di $FeCl_3$ e nell' ambiente naturale (tav. 1) risulta colla massima evidenza che il $FeCl_3$ non influisce affatto sull' aumento dell' intensità dei processi ossidativi degli infusori. Alla medesima conclusione si arriva confrontando le esperienze fatte con $CaCl_2$ e NaCl (tav. 1).

Sopratutto sono dimostrativi e decisivi per la questione in proposito i due casi di epidemie di coniugazione (18,6 % e 23 %) ottenute in condizioni naturali cioè senza aggiungere nessun sale (tav. 2 n° 11 e 13). In questi casi, come risulta dalla tavola, la quantità dell' O_2 assorbita dalle coppie fu quasi uguale a quella osservata nell' ambiente di $FeCl_3$ (tav. 2 n° 12 e 14). Il $FeCl_3$ fu adoperato in concentrazione di m/60000 e m/180000, il $CaCl_2$ alla concentrazione di m/6000 e m/4800 ed infine il NaCl alla concentrazione di m/1200. Queste sono concentrazioni ottimali per la coniugazione degli infusori. Inoltre, gli infusori non atti alla coniugazione mostrano la medesima intensità dei processi ossidativi tanto subito quanto 24 o 48 ore dopo la somministrazione del sale.

Nella coniugazione degli infusori possiamo distinguere 3 periodi. Il primo è il periodo preparativo alla coniugazione. In questo gli infusori mostrano una straordinaria agilità ed attività nel ricercare il compagno in modo che spesso si trova 3 o anche 4 individui attacati l'uno all' altro. Il secondo periodo è quello della coniugazione propriamente detta. In questo hanno luogo attivissimi processi nucleo-plasmatici ed infine il terzo periodo è quello di ricostruzione del macronucleo. Nell' epidemia di coniugazione non è possibile di distinguere questi tre periodi, giacchè non tutti gli infusori si trovano nello stesso stadio di coniugazione. Non mi era perciò possibile di stabilire il grado d'intensità d'assorbimento dell' O_2 corrispondente ad un determinato stadio di coniugazione. Ho dovuto solo limitarmi a determinare l'assorbimento dell' O_2 durante l'accrescimento e durante la decrescenza dell' epidemia di coniugazione.

Tavola 2.

No. d'ordine	Numero totale degli infusori	Numero degli individui accoppiati	Durata delle esperienze	Quantità dell' O_2 assorbita dalla cultura	Quantità dell' O_2 assorbita da 1000 infusori in un' ora	Aumento di velocità dell' assorbimento dell' O_2 in rapporto al periodo pre-coniugativo riferito al 100% di individui accoppiati
		%	minuti	mm^3	mm^3	%
1.	11 248	qualche coppia	105	31,49	1,607	
2.	8 564	"	180	57,50	1,553	
3.	2 880	"	90	6,82	1,570	
4.	6 780	1,3	125	10,601	1,205	
5.	8 564	2,1	140	15,208	1,944	
6.	5 220	4,3	90	5,871	1,064	
7.	6 630	7,4	105	9,058	1,303	
8.	11 248	8,3	145	22,485	1,839	
In media		4,6			1,471	2163,0
9.	9 374	11,2	130	16,175	1,271	
10.	7 326	15,8	160	16,598	1,425	
11.	10 364	18,6	180	29,702	1,914	
12.	6 377	20,0	135	14,039	1,946	
In media		16,4			1,639	745,7
13.	5 324	23,0	120	11,293	2,154	
14.	8 367	26,7	130	18,892	1,882	
15.	4 275	27,8	140	9,210	1,412	
16.	9 762	29,2	130	24,192	2,132	
In media		26,6			1,895	590,6
17.	11 354	31,0	190	40,051	1,954	
18.	7 324	34,1	160	23,234	2,067	
19.	4 383	34,8	140	12,773	1,764	
20.	9 320	37,4	155	31,154	2,243	
21.	6 594	38,7	160	24,844	2,485	
In media		35,2			2,102	557,3
22.	3 845	44,7	135	13,221	2,511	
23.	7 647	45,3	145	31,068	2,822	
24.	9 328	48,3	130	24,709	1,743	
25.	9 037	50,0	150	33,429	2,224	
In media		47,0			2,325	458,2
26.	11 254	52,7	155	50,446	2,632	
27.	9 547	55,6	130	29,939	2,016	
28.	8 797	56,9	130	44,347	3,532	
29.	10 345	59,7	150	35,369	2,048	
In media		56,2			2,557	439,3
30.	8 763	70,0	140	52,767	3,372	510,7
31.	11 736	73,6	175	94,014	3,468	
32.	6 350	75,7	160	42,755	2,876	
In media		74,6			3,172	442,7
33.	7 454	81,4	150	56,669	3,254	
34.	9 745	82,2	175	90,906	3,732	
35.	5 789	84,0	150	45,755	3,458	
In media		82,5			3,481	449,6

Il calcoli della quantità dell' O_2 assorbita dagli infusori durante la coniugazione furono fatti sulla seguente base:

Siccome con $FeCl_3$ si ottiene in media il 82,2 % di individui accoppiati, ho ammesso che in tutti i miei sperimenti c'è oltre al numero determinato di coppie, una media costante di 17,8 % di individui non atti alla coniugazione ed un dato percento di individui atti alla coniugazione, ma non ancora accoppiati. Dalla somma intiera dell' O_2 assorbito dalla cultura veniva sottratta la quantità dell' O_2 assorbita da 17,8 % di individui non atti alla coniugazione [1]), e la quantità dell' O_2 assorbito dagli infusori atti alla coniugazione, ma non ancora accoppiati [2]). Il resto indicava la quantità dell' O_2 assorbito dalle coppie. Il numero degli infusori ed il percento di coppie fu stabilito nel principio delle esperienze.

Fin dal principio dello sviluppo dell' epidemia di coniugazione si osserva un notevolissimo aumento dell' assorbimento dell' O_2. Infatti come risulta da 5 misurazioni, l'intensità di assorbimento dell' O_2 oscilla tra il 1,064 e 1,944 mm^3 per 1000 infusori in un'ora quando nelle culture abbiamo da 1,0 a 8,3 % di coppie (tav. 2 n° 4—8). Col crescere dell' epidemia di coniugazione cresce anche la quantità dell' O_2 assorbito dalla cultura. Infatti, per 11,2 a 20,0 % di coppie la quantità dell' O_2 assorbito in un'ora oscilla tra 1,271 e 1,946 mm^3, e per 44,7 a 50 % di coppie la quantità dell' O_2 assorbito da 1000 infusori in un'ora oscilla tra il 1,743 e 2,822 mm^3. Infine, quando nella cultura abbiamo da 81,4 a 84,0 % di individui accoppiati la quantità dell' O_2 assorbito è di 3,254 a 3,732 mm^3 per 1000 infusori (tav. 2).

L'aumento dell' assorbimento dell' O_2 per una media di 82,5 % di coppie supera quasi 4,5 volte il valore ottenuto nel periodo preconiugativo.

Nella tavola 2 (ultima colonna) ho messo l'aumento dell' assorbimento dell' O_2 per ogni gruppo di esperienze, riferito a 100 % di coppie.

In modo completamente diverso si comportono gli infusori durante la decrescenza dell' epidemia di coniugazione. Infatti, già dopo 36 o 40 ore dal principio dell' esperienza l'epidemia di coniugazione comincia diminuire e con essa si osserva una notevole diminuizione nell' assorbimento dell' O_2. Per esempio quando nella

---

[1]) Moltiplicando il valore medio ottenuto per gli infusori non atti alla coniugazione, cioè nel periodo postconiugativo (7—9 giorni) per il numero degli infusori.

[2]) Moltiplicando il valore medio per gli infusori prima di coniugazione per il numero di questi infusori nella cultura.

cultura abbiamo già 19,2 % di individui accoppiati la quantità dell' O_2 assorbito da 1000 infusori in un' ora è di 1,428 mm^3 ed arriva a 0,921 mm^3 quando il percento di coppie è di 1,3 (tav. 3).

Tavola 3.

No. d'ordine	Condizioni	Numero degli infusori	Numero degli individui accoppiati	Durata delle esperienze	Quantità dell' O_2 assorbito dalla cultura	Quantità dell' O_2 assorbito da 1000 infusori in un' ora
			%	minuti	mm^3	mm^3
1.	Cultura centrifugata $FeCl_3$ m/60 000.	9 754	53,3	130	37,83	2,732
2.		10 545	48,5	180	47,45	2,375
3.		9 271	35,2	160	33,72	2,631
4.		7 457	30,1	135	17,12	1,820
5.		5 830	26,0	130	13,24	2,113
6.		11 373	19,2	150	23,35	1,428
7.		8 372	16,7	140	15,37	1,342
8.		6 112	12,3	200	15,49	1,354
9.		12 372	9,3	150	22,24	1,124
10.		4 120	7,5	150	7,22	1,021
11.		11 752	5,3	170	23,03	0,987
12.		13 477	4,8	125	19,41	1,001
13.		6 747	2,7	150	11,51	0,875
14.		8 639	1,3	180	17,63	0,921

Tavola 4.

No. d'ordine	Condizioni		Numero degli infusori	Durata delle esperienze	Quantità dell' O_2 assorbito dalla cultura	Quantità dell' O_2 assorbito da 1000 infusori in un' ora
				minuti	mm^3	mm^3
1.	Cultura centrifugata $FeCl_3$ m/60 000 Dopo coniugazione	3 ore	7 658	225	17,90	0,624
2.			4 385	360	18,71	0,712
3.			12 464	320	56,41	0,853
4.		18 ore	6 870	240	20,11	0,732
5.			12 851	300	48,06	0,751
6.			6 340	275	19,46	0,670
7.			7 372	400	28,64	0,583
8.			9 343	350	29,69	0,545
					In media	0,683

Ora, se noi prendiamo una cultura subito dopo la fine dell'epidemia di coniugazione o ancora 18 ore dopo la coniugazione e ne misuriamo l'assorbimento dell' O_2 vedremo che la quantità dell' O_2 assorbito da 1000 infusori in un'ora è quasi uguale a quella osservata nel periodo preconiugativo (tav. 4). Ora, siccome il $FeCl_3$ non contribuisce affatto all' aumento dell' assorbimento dell' O_2 degli infusori, possiamo concludere che questo considerevole aumento dei

processi ossidativi durante l'epidemia di coniugazione sia direttamente legato collo stesso processo di coniugazione propriamente detta, ossia col periodo di crescenza dell'epidemia di coniugazione. Questo ci dimonstra che i complicatissimi processi nucleo-plasmatici che si svolgono durante la coniugazione richiedono una grande quantità dell'O_2.

Molto più difficile è l'interpretazione del comportamento degli infusori durante la decrescenza dell'epidemia di coniugazione e subito dopo coniugazione.

Se questo aumento dei processi ossidativi durante la coniugazione ci indica, come abbiamo detto, che la coniugazione richiede una certa quantità dell'O_2 — la diminuizione dei processi ossidativi durante la decrescenza e subito dopo la coniugazione ci indicherebbe — che l'aumento dei processi ossidativi durante la coniugazione è unicamente temporaneo e che il processo di coniugazione non delibera subito i fermenti ossidativi della cellula prima di ricostruzione del macronucleo.

Dopo 54 ore dal principio dell'esperienza non troviamo più coppie nelle culture.

La diminuizione dell'assorbimento dell'O_2 è probabilmente dovuto anche in parte alla completa immobilità degli infusori durante la fine dell'epidemia e subito dopo la coniugazione.

Molto più importante per la nostra tesi è il comportamento degli infusori nel periodo postconiugativo e più precisamente dopo la ricostruzione dell'apparecchio nucleare. Questo avviene normalmente dopo la 3ª o 4ª divisione ed allora gli infusori cominciano prendere normalmente la loro nutrizione e mostrano il numero assai grande di vacuole nutritizie.

Ora, se noi prendiamo una o più coppie alla fine dell'epidemia di coniugazione e ne sviluppiamo una cultura riccamente alimentata, già dopo 7 o 9 giorni si osserva un notevolissimo aumento dell'assorbimento dell'O_2 degli infusori. Infatti, come risulta da 8 esperienze 1000 infusori assorbono allora in un'ora da 1,417 a 2,543 mm^3 dell'O_2 (tav. 5).

Se si mantiene una simile cultura in condizioni buoni, cioè cambiando ogni 3 o 4 giorni il liquido culturale ed il fieno gli infusori conservano per un lungo tempo le loro facoltà ossidative allo stesso livello. Infatti, 4 o 5 mesi dopo la coniugazione, come risultada 8 esperienze 1000 infusori in un'ora assorbono da 1,754 a 2,731 mm^3 dell'O_2 (tav. 6). In media dunque 1000 infusori in un'ora assorbono dopo la coniugazione 2,142 mm^3 dell'O_2 il che vuol dire che l'aumento del-

l'assorbimento dell'O_2 dopo la coniugazione supera quasi 2 volte il valore ottenuto per gli infusori prima di coniugazione.

Le facoltà ossidative degli infusori crescono dunque notevolmente dopo la coniugazione.

Per constatare se l'aumento delle facoltà ossidative fosse veramente dovuto alla ricostruzione dei fermenti ossidativi di cellula e non all'aumento di superficie degli infusori il quale ha luogo dopo la coniugazione ho tentato di riferire le quantità dell'O_2 assorbito degli infusori prima e dopo coniugazione all'unità di superficie di questi.

Si puo ammettere colla grande approssimazione la forma del *Paramaecium caudatum* come un'ellissoide di rivoluzione. Secondo la formola che segue ho potuto calcolare la superficie degli infusori prima e dopo coniugazione basandomi sulla media di 63 misurazioni di individui accoppiati e 63 individui tanto 9 giorni quanto 4 o 5 mesi dopo di coniugazione. Gli infusori furono fissati in tutti i casi con $HgCl_2$ saturo.

$$\text{Superficie} = 2\pi b^2 + \frac{2\pi a^2 b}{e} \text{ arc. sin} \frac{e}{a}.$$

$$\text{Prima di coniugazione } a = \frac{204{,}1}{2} = 102{,}0.$$

$$\text{„ „ } b = \frac{63{,}7}{2} = 31{,}8.$$

$$\text{Dopo „ „ } a = \frac{230{,}3}{2} = 115{,}1.$$

$$\text{„ „ } b = \frac{69{,}6}{2} = 34{,}8.$$

$$e = \sqrt{a^2 - b^2}$$

Prima di coniugazione:

1. Quantità dell'O_2 assorbita da 1000 infusori in un'ora 0,737 mm^3
2. Superficie di un'individuo 33246 μ^2
3. Quantità dell'O_2 assorbita da 1 m^2 di superficie 21146 mm^3

Dopo coniugazione:

1. Quantità dell'O_2 assorbita da 1000 infusori in un'ora 2,142 mm^3
2. Superficie di un'individuo 40973 μ^2
3. Quantità dell'O_2 assorbita da 1 m^2 di superficie 52326 mm^3

Aumento di superficie dopo coniugazione = 23,2 %
Aumento d'assorbimento dell'O_2 da 1 m^2 di superficie dopo coniugazione = 147,5 %

Vediamo dunque che dopo coniugazione mentre la superficie aumenta di 23,2 % — l'assorbimento dell'O_2 di 147,5 %. Questo ci

Tavola 5.

No. d'ordine	Condizioni		Numero degli infusori	Durata delle esperienze	Quantità dell' O_2 assorbito		Aumento di velocità dell' assorbimento dell' O_2 per 1000 infusori in un'ora in rapporto al periodo preconiugativo
					dalla cultura	da 1000 infusori in un'ora	
				minuti	mm_3	mm_3	%
1.	Cultura centrifugata $FeCl_3$ m/60000 Dopo coniugazione	7 giorni	5 747	480	84,21	1,834	
2.			11 252	420	176,16	2,247	
3.			9 657	360	147,23	2,543	
4.		9 giorni	8 343	420	122,59	2,100	
5.			10 754	445	203,17	2,308	
6.			6 548	405	73,58	1,667	
7.			7 840	480	88,87	1,417	
8.			3 885	375	53,03	2,187	
					In media	2,037	176,3 %

Tavola 6.

No. d'ordine	Condizioni		Numero degli infusori	Durata delle esperienze	Quantità dell' O_2 assorbito		Aumento di velocità dell' assorbimento dell' O_2 per 1000 infusori in un'ora in rapporto al periodo preconiugativo
					dalla cultura	da 1000 infusori in un'ora	
				minuti	mm^3	mm^3	%
1.	4—5 mesi dopo coniugazione Cultura centrifugata	$FeCl_3$ m/60000	8 435	300	100,25	2,387	
2.			11 475	360	134,40	1,965	
3.			6 784	405	97,27	2,152	
4.			9 787	420	119,09	1,754	
5.			5 785	480	120,88	2,651	
6.		senza $FeCl_3$	12 353	455	219,52	2,354	
7.			6 950	375	85,56	1,985	
8.			3 784	480	80,80	2,731	
					In media	2,247	204,8 %

indica che questo aumento d'assorbimento dell' O_2 dopo di coniugazione è unicamente dovuto allo stesso processo di coniugazione.

Siccome il rapporto tra l'aumento di superficie degli infusori e l'aumento dell' assorbimento dell' O_2 è molto grande, non ho calcolato l'errore commesso nel considerare la forma del *Paramaecium* come un' ellissoide di rivoluzione.

La questione dell' aumento dell' intensità dei processi ossidativi dopo la fecondazione ha il suo fondamento teorico espresso da LOEB.

In favore della sua teoria parlano le ricerche di WARBURG sulle uova di *Arbacia pustulosa.* Infatti l'autore ha constatato che dopo la fecondazione l'intensità dei processi ossidativi supera fino 7 volte il valore ottenuto per le uova non fecondate. LOEB e WASTENEYS, e MEYERHOFF hanno confermate le esperienze di WARBURG. Ultimamente BIAŁASZEWICZ e BŁĘDOWSKI hanno pure constatato l'aumento notevole dei processi ossidativi dopo fecondazione nelle uova di *Rana temporaria.*

Dalle mie esperienze risulta, che le facoltà ossidative degli infusori sono ridotte al minimo prima di coniugazione, crescono

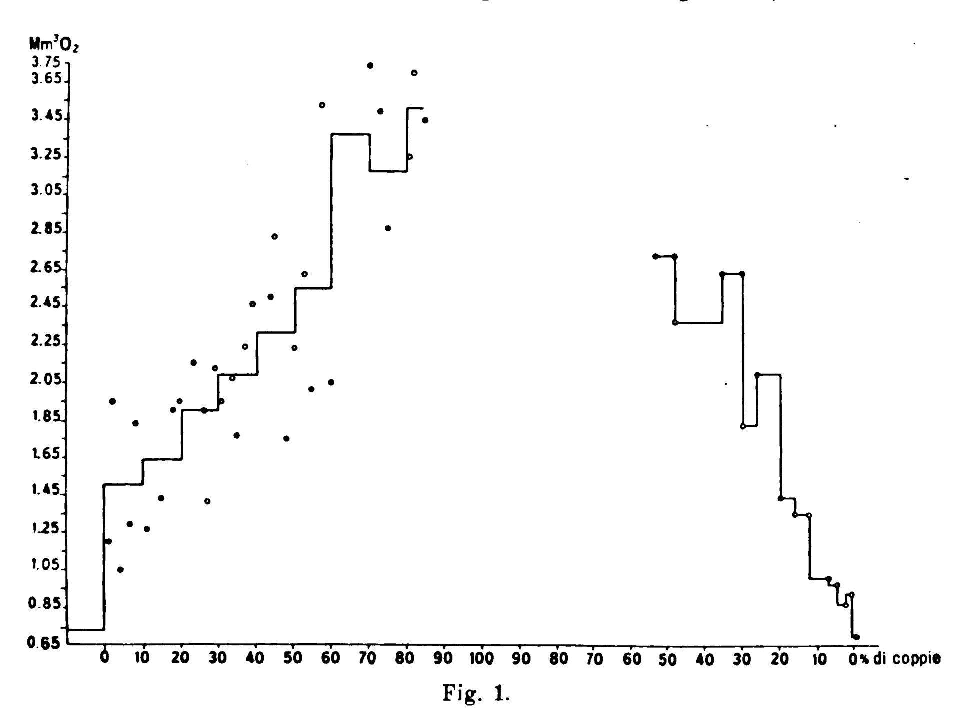


Fig. 1.

notevolmente dopo e si possono mantenere allo stesso livello per un tempo lungo nelle condizioni favorevoli di vita. Queste condizioni si possono reallizzare eliminando dalla cultura i prodotti tossici del ricambio materiale tanto degli infusori stessi, quanto quelli dei batteri. Sappiamo infatti da lavori di ENRIQUES, WOODRUFF e altri quale sia l'influenza dell'ambiente sulla vita e lo sviluppo degli infusori. A mio avviso i prodotti del ricambio materiale paralizzano i fermenti ossidativi del macronucleo, e determinano questa riduzione dei processi ossidativi la quale si osserva prima di coniugazione.

La coniugazione o piutosto la ricostruzione del macronucleo porta alla deliberazione dei fermenti ossidativi ed alla ristabilizzazione dei processi ossidativi normali di cellula.

La fig. 1 ci da una rappresentazione dell' intensità dell' assorbimento dell' O_2 dagli infusori prima e durante la coniugazione. Sull'orizzontale sono posti i percenti di coppie, sulla verticale la quantità dell' O_2 assorbito da 1000 infusori in un' ora. La fig. 2 rappresenta il decorso dell' assorbimento dell' O_2 da 1000 infusori in un' ora prima, durante e dopo la coniugazione degli infusori.

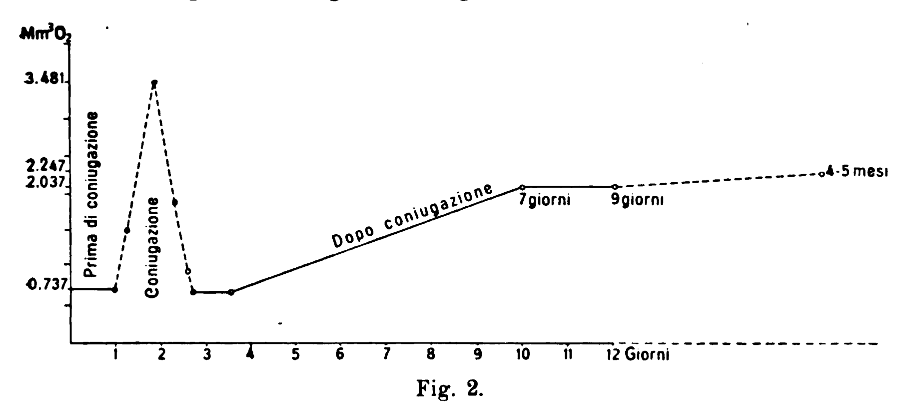


Fig. 2.

La seconda parte di questo lavoro tratta del comportamento dei materiali di riserva prima e dopo di coniugazione. Debbo qui aggiungere che le mie supposizioni intorno alla progressiva riduzione della facoltà sintetiche di cellula prima di coniugazione e di loro ristabilizzazione dopo la coniugazione si sono completamente verificate. Siccomo questi due lavori sono strettemente legati, rimetto alla seconda parte la discussione generale sulla coniugazione degli infusori.

Qui mi limito unicamente alle conclusioni dirette.

1. La centrifugazione non impedisce la coniugazione degli infusori;

2. ioni di Fe non aumentano affatto l'intensità dell' assorbimento dell' O_2 degli infusori;

3. nel periodo preconiugativo gli infusori assorbono le quantità minimi dell' O_2; 1000 infusori in un' ora assorbono in media 0,737 mm^3 dell' O_2;

4. durante la coniugazione l'intensità dell' assorbimento dell' O_2 aumenta considerevolmente. Questo aumento supera quasi 4,5 volte il valore ottenute per gli infusori prima di coniugazione.



Subito dopo coniugazione l'intensità d'assorbimento dell'O_2 diminuisce fortemente. L'aumento dell'assorbimento dell'O_2 risulta prababilmente da importantissimi processi nucleo-plasmatici che si compiono durante la coniugazione;

5. Dopo la ricostruzione dell'apparecchio nucleare l'intensità d'assorbimento cresce considerevolmente in rapporto con quella osservata prima di coniugazione. 1000 infusori in un'ora assorbono in media 2,142 mm^3 dell'O_2; questo valore supera quasi 2 volte il valore ottenuto per gli infusori prima di coniugazione.

4 o 5 mesi dopo la coniugazione gli infusori mantengono ancora la medesima intensità d'assorbimento dell'O_2.

Le facoltà ossidative degli infusori crescono dunque notevolmente dopo la coniugazione.

Questi risultati valgono probabilmente per gli altri infusori.

Zusammenfassung.

In einer früheren Arbeit hatte Verfasser die Vermutung ausgesprochen, daß die Conjugation zur Reorganisation des Macronucleus als Oxydationscentrum führt. Nun wird jetzt daraus gefolgert, daß die Oxydationstätigkeit der Infusorien noch größer als vor der Conjugation sein muß. Eine Reihe von Versuchen, die mit *Paramaecium caudatum* vor und nach der Conjugation ausgeführt wurden, bestätigen diese Annahme. In der Tat nehmen während einer Stunde 1000 Infusorien 0,737 mm^3 Sauerstoff vor und 2,142 mm^3 dieses Gases nach der Conjugation auf. Noch 4—5 Monate nach der Conjugation bleibt die Oxydationstätigkeit auf derselben Höhe, wie etwa 7—9 Tage nach der Conjugation. Eisenchlorid, welches wie bekannt die Conjugation begünstigt, verändert nicht die Intensität der Sauerstoffsorption durch Infusorien. Diese wird auch durch die Oberflächenvergrößerung, die bei der Conjugation stattfindet, leicht verändert. Durchschnittlich beträgt die Oberfläche eines Infusors 33246 μ^2 vor, nach der Conjugation aber 40973 μ^2. Die per 1 m^2 Infusorienoberfläche aufgenommene Sauerstoffmenge beträgt 21146 mm^3 vor und 52326 mm^3 nach der Conjugation. Während also die Oberfläche sich um 23 Proz. vergrößert, wächst die Sauerstoffsorption um 147,5 Proz. Daraus zieht Verfasser den Schluß, daß die Oxydationsfähigkeit der Infusorien in auffallender Weise nach der Conjugation wächst, und führt dies auf die Wiederaktivierung der Oxydationsfermente des Macronucleus zurück.

Bibliografia.

1) LOEB, J.: Vorlesungen über die Dynamik der Lebenserscheinungen. Leipzig 1906.
2) —: Die chemische Entwicklungserregung des tierischen Eies (künstliche Parthenogenesis). Berlin 1909.
3) WARBURG, O.: Beobachtungen über die Oxydationsvorgänge im Seeigelei. Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. 57 1908.
4) —: Über die Oxydationen im Ei. II. Mitteilung. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 60 1909.
5) WOODRUFF, L. L.: The effect of excretion Product of Paramaecium on its rate of reproduction. Journ. of exper. Zool. 1911.
6) MEYERHOFF, O.: Untersuchungen über die Wärmetönung der vitalen Oxydationsvorgänge in Eiern. I—III. Biochem. Zeitschr. Bd. 35 1911.
7) LOEB, J. e WASTENEYS, H.: Sind die Oxydationsvorgänge die unabhängige Variable in den Lebenserscheinungen. Biochem. Zeitschr. Bd. 36 1911.
8) — —: Die Oxydationsvorgänge im befruchteten und unbefruchteten Seesternei. Arch. f. Entwicklungsmech. Bd. 35 1913.
9) ZWEIBAUM, J.: Les conditions necessaires et suffisantes pour la conjugaison du Paramaecium caudatum. Arch f. Protistenk. Bd. 26 1912.
10) WINTERSTEIN, H.: Ein Mikrorespirationsapparat. Zeitschr. f. biol. Technik u. Methodik Bd. 3 1913.
11) WARBURG, O.: Beiträge zur Physiologie der Zelle, insbesondere über die Oxydationsgeschwindigkeit in Zellen. Ergebn. d. Physiologie 1914.
12) BIAŁASZEWICZ, K. e BŁĘDOWSKI, R.: The influence of fertilisation on the respiration of eggs. Ren. Soc. Sc. di Varsavia. An. VIII Fasc. 6 1915 (in polacco-riassunto inghlese).
13) ZWEIBAUM, J.: L'effetto dell' asfissia sull' apparecchio nucleare del Paramaecium caudatum. Ibid. An. IX Fasc. 2 (in polacco-riassunto italiano).
14) — e BŁĘDOWSKI, R.: Experiments on absorption of oxygen in Colpidium colpoda. Ibid. An. VIII Fasc. 4 1915 (in polacco-riassunto inghlese).

A Study of Trichomonas of the Guinea-Pig from Peking.[1])

By
Ernest Carroll Faust.

(With Plate 5 and 1 textfigures.)

Kuczynski (1914) has contributed an admirable study on *Trichomonas caviae.* His descriptions of the morphology and reproduction of this protozoan are detailed and clear. But since material of *Trichomonas* from the guinea pig from Peking which I have had an opportunity to study shows specific differences from the ordinary *Trichomonas caviae,* it seems best to make this study a matter of record.

Description of material.

The trichomonad observed was found in the chyle and intestinal mucosa of an autopsied *Cavia cobaya* from the Animal Room of the Anatomy Department of the Peking Union Medical College. No other infection was found in the animal. Thousands of specimens of the protozoan were seen swarming in each coverglass preparation.

The living organism is elongate pyriform and measures about 11,5 by 8,5 μ. The axostyle is a conspicuous, long narrow rod, extending from the blepharoplast near the anterior end thru the body, ending posteriad in a free spicule two-thirds the body length. The animal moves about mostly by the action of the three anterior flagella. These are found to originate from the same blepharoplast center as the axostyle and are more than half the body length. The middle anterior flagellum is longer by a fourth than the ble-

[1]) Contribution from the Departement of Pathology, Peking Union Medical College.

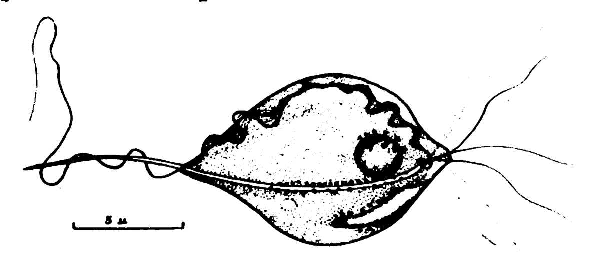
pharoplast. It follows inside the sinistral margin of the body to the posterior end where it is continued into a long free flagellum. Compared with the anterior flagella this marginal filament is sluggish in its action and does not contribute a great deal to the movement of the organism. The free flagellar end is often coiled around the protruding axostyle. The undulating membrane lacks the noticeable myomeric elements which I have observed in *Trichomonas hominis* (DAVAINE).

The nucleus is visible in the living organism as a spherical compact organelle some little distance below the blepharoplast, just to the left of the axostyle. Chromatic granules are frequently found around it. The cytostome lies to the right and below the axostyle. It is elliptical and has a slight sinistral torsion. The endosarc is much more granular than the ectosarc. Pulsating vacuoles are few and small. At times there are numerous food particles of carbohydrate nature clumped together in a single food vacuole or in a few closely associated vacuoles.

When fixed as smears in Gilson's fluid and stained by a modified Heidenhain haematoxylin method, the organism is preserved in much the same position as the living organism had just before fixation (Figs. 1—12). The noticeable difference is found in the contraction of the axostyle along the longitudinal axis, resulting. 1. in the shortening of the portion outside the body, and 2. the partial contraction and distortion of the body. This condition is especially apparent where the axostyle has become markedly bent on itself (Fig. 6) or somewhat telescoped (Fig. 6). Another phenomenon is the loosing of the undulating membrane and marginal filament from the organism up to its point of origin (Figs. 4, 5, 7, 9) in many of the fixed specimens. In some cases (Fig. 6) the entire process is torn free from the body. These conditions have all been observed and recorded by KUCZYNSKI (loc. cit.) but are more striking in my material because of the longer axostyle and the greater length of free flagellar filament. Fixed specimens of my material vary in measurement from 8 to 14 μ in length by 6,5 to 10 μ in breadth.

While the chromatic granules are noticeable in living specimens they are more easily distinguished in stained smears. Their presence has already been noted about the nucleus. They are likewise found around the anterior two-fifths of the axostyle (Textfig. 1, Figs. 1, 6, 9) and the cytostome. Moreover, a close examination of the parabasal body shows that it is composed of similar chromatic

granules, usually arranged in a single row (Figs. 1, 4, 8, 9) but at times with lateral accretions. This organelle has been considered by authors as a single compact rod paralleling the undulating membrane. It seems more likely that it has the same potential function for the undulating membrane that the similar chromatic elements have in the region of the axostyle and cytostome, namely, nuclear emanations controlling the organelles. The contraction and curving of the axostyle in fixed material causes an even more pronounced bending of the parabasal body, since the latter is always in an excentric position with respect to the center of contraction of the former.



Characteristic specimen of living *Trichomonas flagelliphora*, showing all the organelles observed in living material. × 5850.

The blepharoplast is usually a single spherical body anterior to the nucleus. At times, however, it is seen as an elongate object (Fig. 5) and, again (Fig. 2), as a double spherical body whose long axis is that of the organism. It is not apparent whether this represents a predivision stage or not, but in no case have two sets of anterior flagella been observed.

Upon „encysting“ the blepharoplast becomes enlarged (Figs. 10, 11) and more discrete. It applies itself closely to the nucleus and the two organelles come to be enclosed in a common vacuole. The three anterior flagella first become contracted, followed by the flagellar filament. The whole system is finally compacted into a densely staining mass of which only the nucleus is definitely made out (see Figs. 10—12). Meanwhile the resting organism becomes surrounded by a thin tough wall. I have been unable to infect other guinea-pigs with these „cyst“ bodies by injection *per os*.

Discussion.

A comparison of my material with of *Trichomonas caviae* shows several important structural differences. While the differences in size can not be considered as final they are, at least, sufficient to

separate the material into two groups. Moreover, in life the axostyle and the flagellar filament are distinctly longer in the Peking specimens. The long anterior flagella and the presence of chromatic granules along the axostyle are likewise specific. It seems wise, therefore, to recognize the Peking material as belonging to a new species, to which the name *Trichomonas flagelliphora* is assigned.

Table showing characteristic differences between *Trichomonas caviae* and *Trichomonas flagelliphora* nov. spec.

	Trichomonas caviae	*Trichomonas flagelliphora*
Size	15—22 μ × 10—15 μ	8–14 μ × 6,5–10 μ
Axostyle	Slight posterior extention beyond body;	In life extends two-thirds body length beyond posterior limits of body;
	not surrounded by chromatinic granules.	surrounded by discrete chromatic granules along anterior two-fifths.
Undulating Membrane and flagellar filament	Membrane extends to subcaudal region of body; in life free flagellar filament usually less than body length.	Membrane extends to caudal end of body; in life free flagellar filament always much more than body length.
Anterior flagella	Less than one-half body length; equal or subequal.	One-half body length or more; middle flagellum noticeably longer than remaining two.

Summary.

On the basis of smaller body size, longer axostyle, longer undulating membrane and flagellar filament, longer anterior flagella and position of chromatinic granules around the axostyle, a trichomonad from the intestine of the guinea pig from Peking is differentiated from *Trichomonas caviae* (Davaine) 1875 and designated as *Trichomonas flagelliphora* nov., spec.

Reference Cited.

Kuczynski, M. H., 1914: Untersuchungen an Trichomonaden. Arch. f. Protistenk. Bd. 33 p. 119—204, 6 pl., 4 Textfigures.

Explanation of Plate.

Figs. 1—12. — Characteristic specimens of fixed material of *Trichomonas flagelliphora*. X 1670.

Kleinere Mitteilungen.

Neue oder wenig bekannte Protisten.

In dieser Abteilung des Archiv für Protistenkunde, die ganz zwanglos und nach Bedarf auf die einzelnen Hefte verteilt werden soll, wird eine Sammlung der in der Literatur verstreuten, sonst nur schwer erhältlichen, neu beschriebenen, oder unvollständig bekannten und dann ergänzten Protisten-Diagnosen versucht. Zurückgegriffen wird hierbei bis auf das Jahr 1914 (bei wichtigen Formen auch noch früher), da von dieser Zeit an ein Verfolgen der Neubeschreibungen fast unmöglich war. Jede Art soll in einer kurzen Diagnose, wie auch in Abbildung gegeben werden, gegebenenfalls werden noch kritische Bemerkungen dazugefügt. Eine bestimmte Reihenfolge einzuhalten ist unmöglich, je nach Erhalt der Literatur soll diese Abteilung ausgebaut werden, wobei allerdings in jedem Hefte, die einander nahestehenden Formen gemäß den größeren Reihen gebracht werden sollen. Die Arbeit wurde zwischen den beiden Herausgebern in der Weise aufgeteilt, daß die Flagellaten und die mit Flagellaten in Zusammenhang stehenden rhizopodialen und Algen-Formen von A. Pascher, die Rhizopoden, Sporozoa und Ciliaten von M. Hartmann besorgt werden. Jedem von beiden steht eine Reihe von Hilfskräften zur Verfügung. Es wird gebeten den Beiden gemäß Stoffaufteilung die Arbeiten, die neue Protisten oder Diagnosen behandeln, einsenden zu wollen.[1] Eine annähernde Vollständigkeit läßt sich nur mit Hilfe der Autoren ermöglichen.

Der Text der wiedergegebenen Diagnosen schließt sich möglichst den Originaldiagnosen an. Kritische Bemerkungen stehen in

[1] M. Hartmann, Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelms-Institut. f. Biologie. — A. Pascher, Prag II viničua 3a, Botan. Institut.

Klammern und sind mit dem Namen des Referenten signiert (A. P. = A. Pascher — M. H. = Max Hartmann).

Mit dieser Einrichtung meinen die Herausgeber einem beim derzeitigen Literaturmangel besonders schmerzlich empfundenen Bedürfnis, nicht nur der Protistologen und Pathologen, sondern auch der Botaniker, Süßwasserbiologen usw. entgegenzukommen!

Im Inhaltsverzeichnis jedes Bandes wird eine alphabetische Übersicht über die behandelten Formen mit Angabe der Seitenzahl gegeben. Von 10 zu 10 Bänden folgt ein Generalverzeichnis; das erste im Band 50.

Neue oder wenig bekannte Flagellaten. I.

Von

A. Pascher in Prag.

(Hierzu 14 Textfiguren.)

Mallomonas genevensis Chodat.

Rehfous, L.: Note sur trois *Mallomonas* nouveaux — Bull. soc. Bot. Genève. Sér. 2. Vol. VII (1915) S. 14 (sep!).

Zellen gestreckt ellipsoidisch bis cylindrisch, auch schief oder leicht gekrümmt. Schuppen des Panzers rhombisch in schiefen Reihen. Borsten nur an den beiden Enden, doch kurz und mehr stachelartig. Zellen bis 3 mal so lang als breit. Über den Bau der Protoplasten sind keine Angaben gemacht (vgl. Fig. 1 a).

Diese *Mallomonas*-Art tritt nach Rehfous in zwei Formen auf. Die einen messen 25—35 μ in die Länge, sind 13—14 μ dick und mehr ellipsoidisch. — Die anderen sind 35—44 μ lang, 15—16 μ breit. Die vorderen Stacheln sind bei beiden Formen kürzer als die hinteren.

Genfer See.

Diese *Mallomonas*-Art steht der *Mallomonas pulcherrima* (Stokes) Lemmermann (= *Chloromonas pulcherrima* Stokes) nahe; diese hat aber ganz kurze stark zähnchenartige Stacheln, während bei *Mallomonas genevensis* die Stacheln bis 10 μ lang werden.

(Ich glaube auch, daß in die Verwandtschaft dieser beiden *Mallomonas cylindracea* Pascher gehört. A. P.)

Mallomonas Pascheri Rehfous.

Am selben Ort wie die vorstehende Art. S. 16 (sep!)

Eine unvollständig beschriebene Art, die vorderhand nur durch die birnförmige, vorn zugespitzte Gestalt und die zarten Borsten,

die nur in der vorderen Zellhälfte vorhanden sind und allseitig abstehen. Ein einziger großer Chromatophor ist vorne gelegen, im breiten Basalende liegt ein großer Leucosinballen (vgl. Fig. 1 b, c).

Die Form und Anordnung der Schuppen, die nähere Beschaffenheit der Borsten, die Länge der Geißeln und das Vakuolensystem sind unbekannt.

Länge 24—30 μ, Breite 15—17 μ.

Nach Rehfous soll *Mallomonas Pascheri* in die Nähe von Arten *Mallomonas dubia* Lemmermann gehören.

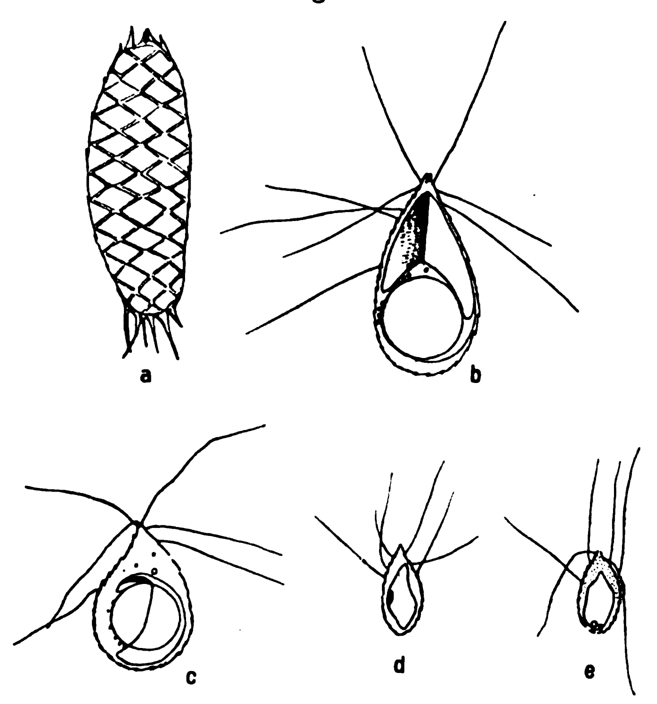


Fig. 1. a *Mallomonas genevensis* Chodat, b, c *Mallomonas Pascheri* Rehfous, d, e *Mallomonas minima* Rehfous (nach Rehfous).

Mallomonas minima Rehfous.

Am angegebenen Orte S. 16 (sep!)

Eine ebenfalls ungenügend beschriebene Art aus dem Schwarm der noch nicht beschriebenen kleinen *Mallomonas*-Arten. Die Form von *Mallomonas minima* ist mehr birnförmig, vorn spitz; die Borsten sitzen an der vorderen Zellhälfte. — Auch hier ist nichts über Protoplast, Schuppenform und -anordnung, wie Geißel angegeben (vgl. Fig. 1 d, e).

Länge 14—15 μ, Breite 7—8 μ, Borstenlänge 15—30 μ.

Chrysopyxis Reckerti Conrad.

W. Conrad: Algues, Schizophycées et Flagellates récoltées par M. W. Reckert aux environs de Libau. Ann. Biol. lac. VII. S. 126.

Gehäuse, nur von der Schmalseite beschrieben, langeiförmig mit deutlich gewellten Wänden, vorn zusammengezogen und dann in einen breiten, gerade abgeschnittenen, flachen Trichter erweitert. Protoplast kurz ellipsoidisch mit einem basalen Chromatophoren. Kein Rhizopodiensystem sondern eine dreimal körperlange Geißel.

Gehäuse 23—25 μ lang, 10 μ breit.

Auf *Mougeotia* in einem Graben des Thronfolgerhain bei Libau.

(Die neue Art steht der *Chrysopyxis cyathus*, die ebenfalls einen Mündungstrichter hat, sehr nahe. Beide Arten sind deshalb interessant, weil sie im Gegensatze zu den im vegetativen Zustande völlig rhizopodial gewordenen Arten (*Chrysopyxis stenostoma* Lauterborn, *Ch. Iwanoffi* Lauterborn, *Ch. bipes* Stein) im vegetativen Zustand noch die Geißel haben. A. P.)

Carteria Oliveri G. S. West.

Algolog. Not. XIV. — Some species of Volvocaceae — Jour. of Bot. LIII (1915) S. 73.

Zellen länglich-cylindrisch, beiderseits breit abgerundet. Haut derb, mit dicker, kegelförmiger Hautwarze. Chromatophor groß, mit großem zentral gelegenen oder etwas basal abgerücktem Pyrenoid. Stigma deutlich, in der vorderen Zellhälfte. Geißeln $1^1/_2$ mal körperlang. Schiefe Teilung (vgl. Fig. 3 a—c).

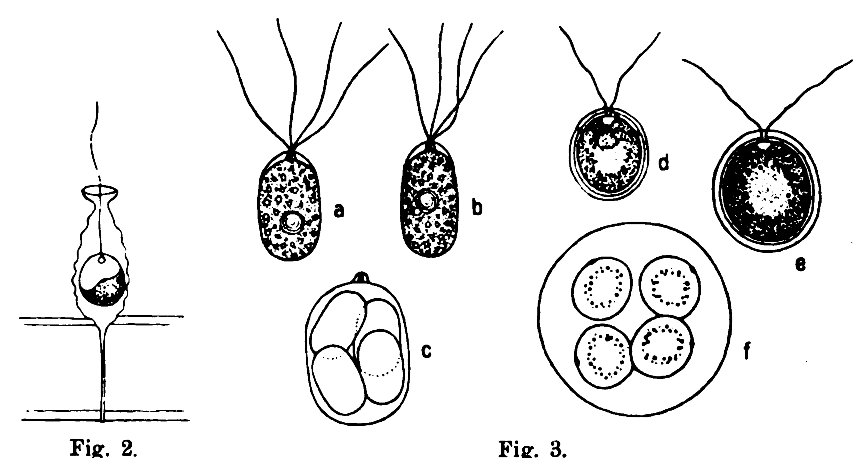


Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 2. *Chrysopyxis Reckerti* Conrad. Organismus von der Schmalseite gesehen (nach Conrad).

Fig. 3. A—C *Carteria Oliveri* G. S. West, D, E *Chlamydomonas globulosa* Perty alles 460 × (nach West).

Länge 22—32 μ, Breite 17—18 μ, Geißellänge 40—44 μ.

Blakeney-Point (Norfolk). England.

Ist nach G. S. West in die Nähe der *Carteria obtusa* Dill zu stellen, hat aber mehr walzliche Zellen, plumpere Enden, massivere Chromatophoren und eine andere Lage des Augenfleckes.

Platymonas G. S. West nov. gen.

Algolog. Not. XX., on a new marine genus of the Volvocaceae — Journ. of Bot. LIV. (1915) S. 3 (sep!).

Zellen abgeflacht, von der Breitseite gesehen elliptisch, vorn ausgerandet; von der Schmalseite aus schmal-länglich, vorn stark abgestutzt und ebenfalls ausgerandet, basal schief und stark spitz. Im Querschnitte fast gestreckt viereckig. Ein Chromatophor, im unteren Drittel einheitlich, nach vorn wie nach rückwärts längs den vier Kanten der Zellen, je vier kräftige Lappen entsendend, von denen die basalen kürzer sind. Pyrenoid eines, im Hauptteile des Chromatophoren, daher im unteren Drittel, gelegen. In der gleichen Höhe wie das Pyrenoid das Stigma. Membran deutlich.

Einzige Art:

Platymonas telrathele G. S. West a. a. O.

Länge 14—16 μ, Breite 7—8 μ, Dicke 4—5 μ.

In einer Kultur mit Meerwasser aus Plymouth mit *Ulva lactuca*.

Platymonas gehört zu den Carteriaceen und stellt die marine Parallelform zu *Scherffelia* Pascher dar. Die Parallelform dazu unter den zweigeißeligen Chlamydomonadaceen ist *Scourfeldia* G. S. West.

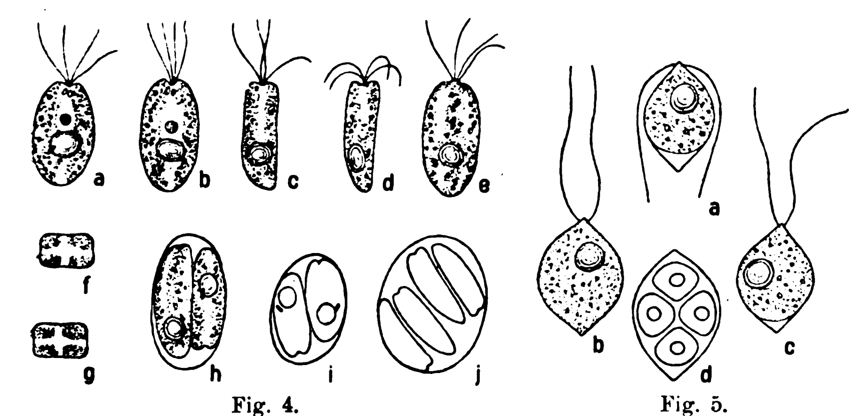


Fig. 4. Fig. 5.

Fig. 4. *Platymonas tetrathele* G. S. West. A, B Breitseite, C, D Schmalseite E schief, F, G von unten, H, J Teilungsstadien. × 1000 (nach G. S. West).
Fig. 5. *Chlamydomonas brachyura* G. S. West. 1000 × (nach G. S. West).

Chlamydomonas brachyura G. S. West.

Algolog. Not. XXI. — Some further british species of Chlamydomonas. Journ. of Bot Vol. 54 p. 4 (sep!) (1916).

Zelle ellipsoidisch, beiderseits gleichmäßig kurz und spitz verschmälert, vordere Warze klein und spitz. Mit großen, vorn nicht ausgeschnittenem Chromatophoren, ohne Stigma. Pyrenoid deutlich, in der Mitte oder mehr vorn gelegen.

Länge 12—16 μ, Breite 9—15 μ, Länge der Geißeln 19—21 μ.

Mit *Platymonas* aus einem Bassin mit Salzwasser aus Plymouth. Diese Art steht nach West der *Chlamydomonas subcaudata* und *Chl. caudata*, beide von Wille beschriebene Arten, nahe, unterscheidet sich aber durch die beiderseits gleiche Zu-endung der Zelle, die Beschaffenheit des Chromatophoren, die Stellung des Pyrenoids und dem Mangel des Stigma.

Chlamydomonas globulosa Perty (1852).

Diese von Perty sehr unvollständig beschriebene Art wurde von G. S. West wieder genauer beobachtet und in Algological Notes XIV, Journ. of Botany Vol. 53 (1915) p. 74 — genauer besprochen. Die Zellen sind nicht völlig kugelig, sondern breit, ellipsoidisch und um die Zellhaut liegt noch eine deutliche Gallerthülle. Eine vordere Membranpapille fehlt völlig; die beiden Geißeln durchsetzen vorn in fast parallelen Austrittslöchern die Membran. Der große Chromatophor ist vorn nur wenig ausgeschnitten, die tiefer gelegenen Partien des Chromatophoren sind durch zahlreiche Stärkekörner stark körnig, doch ist kein Pyrenoid vorhanden. Das scheibenförmige, elliptische Stigma liegt in der vorderen Hälfte der Zellen, annähernd im vorderen Drittel (vgl. Fig. 3d—f).

Chlamydomonas Grovei G. S. West.

G. S. West am gleichen Orte wie die vorstehende Arten — S. 6 (sep!).

Zellen überaus klein, kugelig oder fast kugelig, ohne vordere Membranpapille. Chromatophor becherförmig, weit ausgeschnitten, ohne Pyrenoid und ohne Stigma. Kern in der vorderen Hälfte. Unvollständig bekannt.

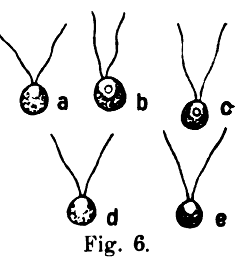


Fig. 6.

Fig. 6. *Chlamydomonas Grovei* G. S. West. 1000 × (nach G. S. West).

Länge 2,5—4,5 μ, Breite 2,5—4 μ, Länge der Geißeln 6,5—10 μ.

In England an verschiedenen Orten (Studley-Castle, Warwickshire,

Cambridge). Steht der *Chlamydomonas globosa* SHOW nahe, ist aber kleiner, hat kein Pyrenoid, kein Stigma und ein anderes Geißellängenverhältnis.

Chlamydomonas microscopica G. S. WEST.

Algolog. Not. XVIII. — Journal of Bot. Vol. 54 (1916) p. 1 (Sep.). — *Chlamydomonas gracilis* G. S. WEST, Algolog. Not. Vol. 53 (1915) p. 77 (— hier die Beschreibung, an der ersten Stelle nur der endgültig festgelegte Namen).

Zellen klein ellipsoidisch-spindelförmig, manchmal leicht gekrümmt, 3—4 mal länger als breit, beidseits mit abgerundeten, plumpen Enden. Membran zart ohne vordere Papille. Chromatophor zart mit einem kleinen Pyrenoide knapp unter der Mitte ohne Stigma. Geißeln körperlang oder etwas länger. Längsteilung (vgl. Fig. 7 f—i).

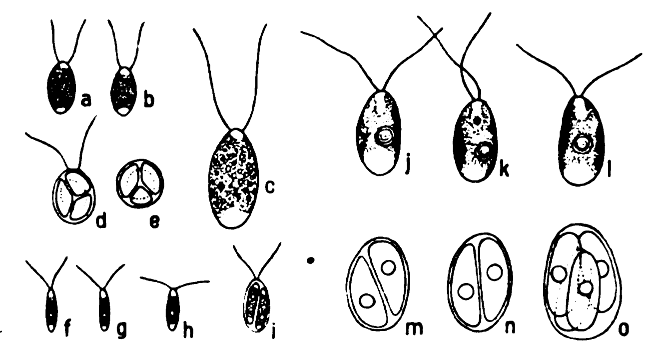


Fig. 7. A—E *Chlamydomonas variabilis*, 7 a *anglica* G. S. WEST, F—I *Chlamydomonas microscopica* G. S. WEST, J—O *Chlamydomonas elegans* G. S. WEST. Alles bis auf C 460×; C 920× (nach G. S. WEST).

Länge 11,5—12,5 μ, Breite 2,6—3 μ, Geißeln 12—16 μ.
In einem Quellsumpfe — Sutton-Park, Warwickshire.

Chlamydomonas elegans G. S. WEST.

Algologic. Not. XIV. — Some species of Volvocaceae. — Journal of Bot. Vol. 53 (1915) p. 73.

Zellen ei-ellipsoidisch bis schief eiförmig. Membran zart ohne vordere Papille. Ein wand- und seitenständiger Chromatophor, der vorn leicht ausgeschnitten ist und das Basalende, wie die eine Längsseite frei läßt, demnach seitenständig ist. Pyrenoid deutlich in der Mitte oder etwas tiefer. Zellkern vorn gelegen. Kein Stigma. Geißeln körperlang oder länger. Erste Längsteilung schief (vgl. Fig. 7 j—o).

Länge 23—27 μ, Breite 13—15 μ, Geißellänge 28—33 μ.
In einem Regenwassertümpel — Sutton-Park, Warwickshire.

Ähnlich der *Chlamydomonas Kuteinikowi* Goroschankin, aber größer als dieser, leicht asymmetrisch in der Zellform, mit vorn gelegenem Zellkerne ohne Stigma und ausgesprochener Längsteilung.

Pteromonas Takedana G. S. West.

G. S. West in Algol. Not. XXII. — On two species of Pteromonas. — Journ. of Bot., Vol. 54 (1916) p. 8. — = *Pteromonas angulosa* forma G. S. West — Journ. of Bot. Vol. 50 (1912) p. 330 f. 5. A. B.

Diese Pteromonas steht der *Pteromonas angulosa* (Stein) Dang. sehr nahe, soll aber nach G. S. West in folgenden Punkten von ihr konstant verschieden sein. Die Zellen sind ein wenig größer, der Protoplast hebt sich bei *Pteromonas Takedana* nicht von der Schale ab, das Pyrenoid ist hier sehr groß, bei *Pteromonas angulosa* klein. Während bei *Pteromonas angulosa* der vordere Schalenausschnitt (von der Schmalseite der Zelle aus gesehen) relativ breit ist und die Schalenränder wie 2 Zähnchen enden, ist er bei *Pteromonas Takedana* ganz klein.

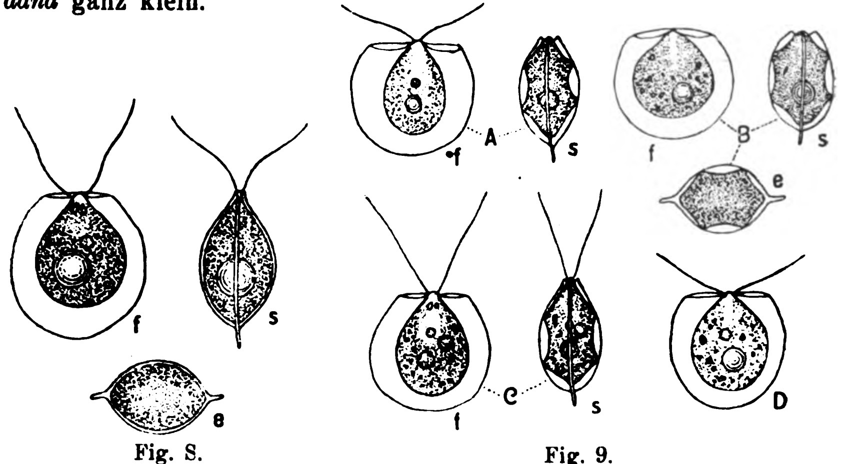


Fig. 8. Fig. 9.

Fig. 8. *Pteromonas Takedana* G. S. West. 1000 ×.

Fig. 9. *Pteromonas angulosa* (Stein) Dang. zum Vergleich für *Pteromonas Takedana* (nach West).

	Zellänge	Zellbreite	Schalen-länge	Schalen-breite	Dicke
Pteromonas angulosa	15,5—16,9	12—13	20—22	17,5—22	8—10
Pteromonas Takedana	12—14,5	8—10	15—17	15,5—17	8—9

Pteromonas Takedana: Earlswood Lake (Warwickshire) — Ham Common, Surrey.

Reckertia nov. gen. CONRAD.

W. CONRAD: Sur un flagellé nouveau à trichocystes *Reckertia sagillifera.* — Bull. d. l. Class. d. Scienc. Acad. Roy. de Belgique 1920 p. 541.

Zellen breit abgeplattet, mit Bauch- und Rückenseite, von der Breitseite (oben) aus gesehen breitelliptisch, von der Schmalseite aus gesehen, leicht gekrümmt nach vorn verbreitert und hier die Rückenseite über die Bauchseite vorgezogen; Bauchseite in der vorderen Hälfte rinnenförmig vertieft, so daß der Querschnitt hier bohnenförmig ist. Zwei Geißeln vorn, infolge der vorgezogenen Rückenseite scheinbar auf der Bauchseite inserierend, die vordere Geißel körnerlang, nach vorn gestreckt, die hintere Geißel bauchseitig nach rückwärts gerichtet und fast doppelt körperlang. Vorn zwei etwas seitlich gelegene Vakuolen, die in eine mehr apikal gelegene Sammelvakuole ausmünden. Kern in der Mediane knapp vor der Mitte gelegen. Im Protoplasma Öltröpfchen und Nahrungsvakuolen.

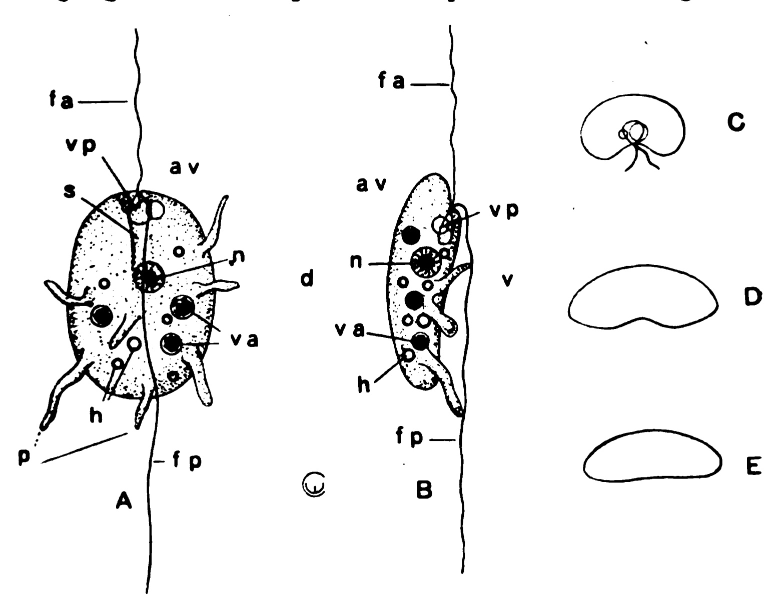


Fig. 10. *Reckertia sagittifera* W. CONRAD. A Bauchansicht, B Seitenansicht, C, D, E aufeinanderfolgende Querschnitte des Protoplasten.
av vorderes Ende, d Rückenseite, v Bauchseite, fa vordere Geißel, fp hintere Geißel, s Bauchfurche, vp pulsierendes Vakuolensystem, va Nahrungsvakuolen, n Kern, li Öltropfen, p Pseudopodien. Nach W. CONRAD.

Protoplast nach außen hin mit einer deutlichen, doch sehr dünnen Hautschicht bekleidet, darunter ist eine deutliche Ectoplasmaschicht die eine hyaline Randzone und eine alveoläre Innenschicht aufweist.

In dieser liegen die stäbchenförmigen trichocystenartigen Körper, aller Wahrscheinlichkeit nach aus Pektoseschleim bestehend.

Vom Protoplast gehen speziell mehr von der Bauchseite zahlreiche unverzweigte Pseudopodien aus, die kriechende amöboide Bewegung ermöglichen. Ernährung animalisch und saprophytisch.

Einzige Art:

Reckertia sagittifera W. Conrad a. a. O.

34—58 meist 50 μ lang, 26—44 μ breit.

Zwischen Schizophyceen und Algen in einem kleinen Aquarium des Brüsseler botanischen Gartens.

Die Flagellate gehört, wie W. Conrad mit Recht bemerkt, zu den Chloromonaden, in die Nähe der seltsamen *Thaumatomastix* Lauterborn. Diese hat aber keine Trichocysten, hat auch verzweigte Pseudopodien.

Peridinium minusculum Pavillard.

Pavillard, J.: Protistes nouveaux ou peu commun du Plankton mediterranéen. — Compt. rend. d. séanc. de l'Acad. d. Scienc. Paris. t. 164 p. 925 (1917). —

Apikalplatte I. (vgl. die beigegebenen Figuren), die Rautenplatte, auf der rechten Seite stark ausgeschweift, ist sehr kurz und endet ziemlich hoch über der Querfurche. Die vier ersten Prääquatorialplatten (a—d) der linken Seite der oberen Schale sind untereinander gleich. Auf der linken Seite der oberen Schale ist eine sehr große Platte, die vielleicht die beiden letzten sonst vorhandenen Präquatorialplatten (f und s) darstellt, die hier völlig miteinander verschmolzen sind; diese große Platte reicht bis zur halben Höhe der oberen Schale empor und bedeckt, wie ein Schild, einen großen Teil der Vorderseite, erstreckt sich breit auch auf die Rückseite und grenzt hier an die fünfte Präquatorialplatte (f), die durch sie sichelförmig ausgeschnitten wird.

Die beiden Zwischenplatten δ und ε sind schmal und hoch, ungefähr wie bei *Peridinium Steinii* angeordnet. Die Zwischenplatte γ scheint durch Ausbildung einer Quernaht aus einer Abgliederung der Apikalplatte 2 hervorgegangen zu sein. Der Vorderrand fällt mit dem der Apikalplatte 2 in eine Linie zusammen, und bewirkt dadurch ungewohnterweise, die direkte Angrenzung an die Interkalarplatte γ und die Rautenplatte (I.). Die beiden Antapikalplatten der unteren Schale sind kräftiger und viel stärker punktiert, wie die ganze andere Schale. Die erste Postäquatorialplatte A umschließt in ihrer ganz ungewöhnlichen Entwicklung fast völlig die

linke Antapikalplatte und hat keine Berührungsstelle mit der zweiten Postäquatorialplatte (B), welche infolgedessen lang und schmal sichelförmig ist, vergleichbar der weiten Prääquatorialplatte (e) der oberen Schale.

Breite 25—28 μ, Länge 35—40 μ (mit den Spitzen).

Diese *Peridinium*-Art weicht durch ihre eigenartige Tafelform von den anderen Süßwassermeeresformen sehr ab (vgl. Fig. 11 c—f).

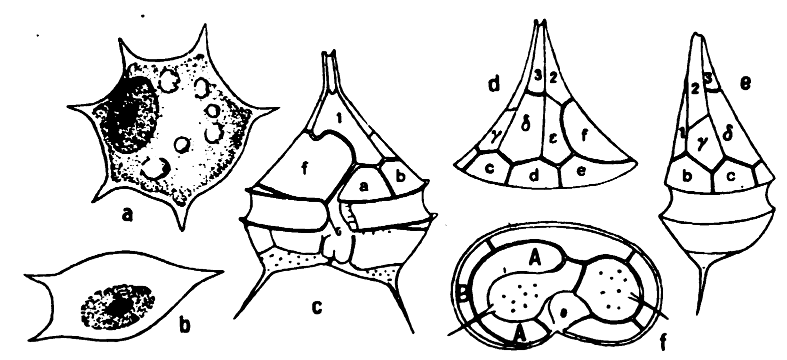


Fig. 11. 4, 5 *Thaurilens denticulata* PAVILLARD. 4 Breit-, 5 Schmalseite. 6—9 *Peridinium minimum* PAVILLARD. 6 von der Bauchseite, 7 Rückenseite der Epitheka, 8 linke Seitenansicht, 9 Hypotheka von unten gesehen. 4, 5 1300 ×, 6—9 1000 ×. Nach PAVILLARD.

Thaurilens PAVILLARD nov. gen.

Thaurilens denticulata nov. spec., PAVILLARD. Compt. rend. d. seanc. d. l'Acad. d. Scienc. T. 164 1917 p. 925.

Zellen mit ausgesprochener Breit- und Schmalseite und mit einer derben Membran versehen. Von der Breitseite aus leicht unregelmäßig sechseckig, an den Ecken mit ziemlich langen stachelartigen Membranfortsätzen versehen. Von der Schmalseite aus mehr linsenförmig. Ein seitlich gelegener großer Zellkern, zahlreiche stark lichtbrechende Inhaltskörperchen (vgl. Fig. 11 a, b).

Auch PAVILLARD vermutet, obwohl die Entwicklungsgeschichte und seine genaue systematische Stellung unbekannt sind, Verwandtschaft mit den Peridineen.

(Bemerkung des Referenten: Es dürfte sich allem Anschein nach um Dauercysten einer farblosen marinen Dinoflagellate handeln, deren monadisch-beweglicher Zustand noch nicht sichergestellt ist. In Süßwasser sah ich ganz ähnliche Formen wiederholt (Braunschweig, Riddagshausener Teiche), die in der Zellgestalt sich völlig mit dem PAVILLARD'schen Organismus deckten, aber zahlreiche

braune Chromatophoren und Augenflecke hatten, und deren Zugehörigkeit zu einer bestimmten braunen Peridinea auch festgestellt werden konnte. Die Pavillard'sche Gattung *Thaurilens* ist demnach bis zur völligen Klärung als unsichere Gattung bei den Dinoflagellaten einzustellen. A. P.)

Bommeria H. Kufferath **nov. gen.**

H. Kufferath: Flore algolog. du Luxembourg merid. II. Ann. d. Biol. lac. T. 7 p. 259 (1914/15).

Zellen breit und kurz walzlich, beiderseits breit abgerundet mit fast geraden Enden, mit zarter doch starrer Haut. Chromatophor groß, wandständig, vorn eine kleine helle Zone, basal, das letzte Viertel freilassend mit sehr ungleich ausgeschnitten-gelappten Rändern, demnach flach

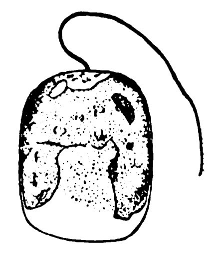


Fig. 12.

Fig. 12. *Bommeria viridis* Kufferath. 825 ×. Nach Kufferath.

glockenförmig. Im vorderen Drittel ein großes flachförmiges Stigma. Keine Pyrenoide, keine Stärke oder Paramylon. Geißel über körperlang. Einzige Art:

Bommeria viridis Kufferath.

28 μ lang, 22 μ breit.

In einer Fischbrutanstalt bei Stockem.

Kufferath will diesen unvollständig beschriebenen Flagellaten mit den Euglenaceen in Zusammenhang bringen und eventuell in die Nähe von *Lepocinalis* stellen. Solange nichts Näheres bekannt ist, ist irgendeine auch nur wahrscheinliche Zuordnung unmöglich.

Solenicola Pavillard **nov. gen.**

Pavillard: Flagellés nouveaux, épiphytes des Diatomées relagiques. Compt. rend. d. seanc. d. l'Acad. d. Scienc. T. 163 p. 65 (1916).

Nackte farblose Monaden, die zu mehreren mit breiter Basisfläche der Schale von *Dactyliosolen* (*Bergonii*) in der Mitte der stabförmigen Zelle aufsitzen. Jede einzelne Monade ist in der Längsrichtung der Diatomee gestreckt, zeigt hier auch manchmal pseudopodienartige Verlängerungen und bildet kleine flache plasmatische Hügel, aus denen eine lange feine Geißel vorragt, die allem Anschein nach ohne direkte Verbindung mit dem Kerne ist. Der große Zellkern liegt immer exzentrisch und zeigt einen deutlichen kleinen

„Nucleolus oder Caryosom". Im Plasma, das einige große Vakuolen zeigt, finden sich ferner große amorphe Massen mit stabförmigen Einschlüssen.

Einzige Art:

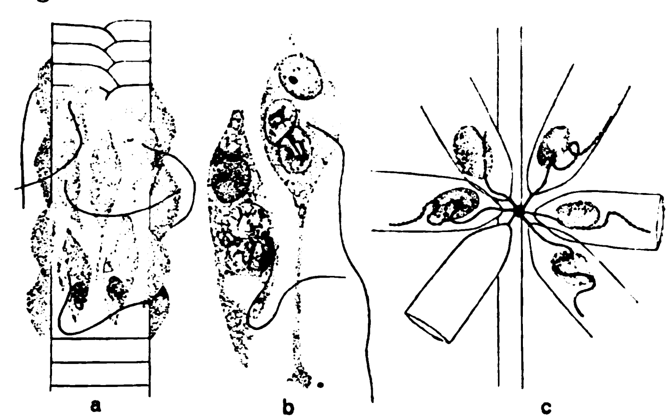


Fig. 13. A, B *Solenicola setigera* PAVILLARD. A Ansammlung von *Solenicola*-Individuen auf der Schale einer *Dactyliosolen bergonii*; B zwei Einzelindividuen; C *Bicoeca mediterranea* PAVILLARD. Kleine Kolonie auf *Nitzschia seriata*. A 1000 ×; B, C 1200 ×. Nach PAVILLARD.

Solenicola setigera PAVILLARD a. a. O.

Länge der Zellen 15—20 μ (vgl. Fig. 13 a, b).

Dactyliosolen bergonii aus dem Golf von Lyon (PAVILLARD).

Der Organismus wurde bereits von H. GRAN gesehen, doch nur sehr unvollständig beschrieben und abgebildet, ebenso macht MANGIN bereits Angaben über ihn; PAVILLARD gibt zum erstenmal genaue Angaben über diesen Organismus; die systematische Stellung wie die Biologie ist noch unklar; lebend wurde dieser Organismus noch nicht studiert.

(Daß dieser Organismus sich gerade in der Mitte der *Dactylosolen* festsetzt, hängt wohl damit zusammen, daß nur hier der Protoplast der Diatomee sich findet, während die distalen Kammern der Diatomeenzelle leer sind; nur hier in der Mitte findet demnach Assimilation und Atmung der Kieselalge statt und damit dürfte dieses streng lokalisierte Auftreten des Epiphyten zusammenhängen. A. P.)

Bicoeca mediterranea PAVILLARD.

PAVILLARD, L.: Flagellés nouveaux, épiphytes des Diatomées pélagiques. Compt. rend. Ac. Scienc. T. 163 p. 67 (1916).

Gehäuse zart cylindrisch, vorn ohne Erweiterung, gerade abgeschnitten, basal kurz kegelförmig verschmälert und mit einem

kurzen Stielchen, einem kleinen Haftscheibchen und damit auf den Schalen von *Nitzschia seriata* festsitzend. Protoplast ei- bis nierenförmig auf kontraktilem Stiele mit seitlich inserierender Geißel.

Gehäuse 12 μ lang, 5 μ breit.

Da nur nach fixiertem Material beschrieben, ebenfalls nicht ganz bekannt (vgl. Fig. 13c).

Pteridomonas sphaerica H. Kufferath.

Notes sur le flore algologique du Luxembourg sept. Ann. d. Biol. lac. T. 7 p. 329 (1914).

Zellen leicht kugelig mit zahlreichen, wenig verzweigten Rhizopodien, die nur an einer Stelle inserieren, die auch Pseudopodien zu bilden imstande ist. Ernährung animalisch. Kern mit deutlichem Carysom. Zahlreiche kleine Vakuolen und aufgenommene kleine Algen.

Größe 27 μ.

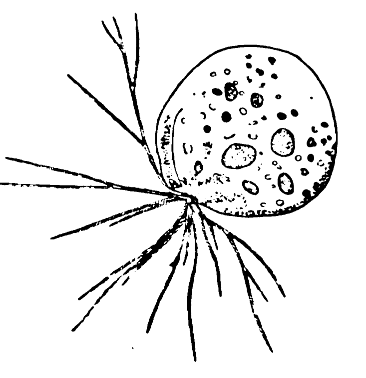


Fig. 14.

Fig. 14. *Pteridomonas sphaerica* Kufferath. 825 ×. Nach Kufferath.

Belgisch-Luxemburg — Baraque de Traiture.

Die Zugehörigkeit zu *Pteridomonas* erscheint mir sehr zweifelhaft.

Neue oder wenig bekannte Protisten. II.

Neue oder wenig bekannte Flagellaten. II.

(A. Pascher.)

(Hierzu 10 Textfiguren.)

Chrysapsis sphagnorum CONRAD.

W. CONRAD: Contributions à l'étude des Chrysomonadines. Bull. de l'academie Royale Belgique, Classe des sciences 1920 p. 186 (20 sep. !).

Protoplast breit, eiförmig, nach vorn nicht verschmälert, mit bis 3mal körperlanger Geißel, vorn gelegenen kontraktilen Vakuolen (1—3). Hautschicht sehr zart. Ausgesprochene Metabolie, besser gesagt amöboide Formveränderung vorhanden. Chromatophor äquatorial in Form eines verschieden breiten, am Rande gelappten, netzigen Bandes, dessen pigmentfreie Stellen an Größe sehr schwanken. Kein Stigma. Basal Leucosinballen. Vermehrung während der Bewegung durch Längsteilung. Möglicherweise gehören dazu kugelige mit perlförmigen Warzen versehene Cysten, die einen kleinen Porus und kleinen Stopfen haben.

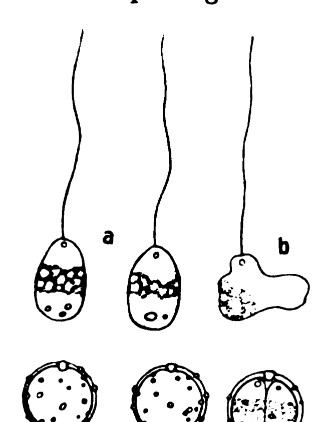


Fig. 1. *Chrysapsis sphagnorum* CONRAD. a, b Monaden, c. d wahrscheinlich dazugehörige Cystenstadien.

Länge 2—4 μ, Breite 1—3 μ (Fig. 1).

In großen Mengen im Innern der porösen, chlorophyllfreien Zellen von **Sphagnum**. Bei Wuestwezel (Antwerpen).

Chrysococcus reticulatus? Reverdin.

Reverdin: Étude phytoplankton., éxperim. et descript, des eaux du lac d. Genève. — Arch. d. Scienc. physiq. et nat. (Genève). I. S. 72.

Schale fast kugelig, sehr zart, vorn mit einer Mündungsröhre, die annähernd ein Viertel des Schalendurchmessers mißt. Schale mit zartem Leistenwerk, das netzförmig zusammenschließt und der Schale leicht polygonalen Umriß gibt, basal manchmal mit kurzen, kegelförmigen Stacheln versehen. Der Protoplast erfüllt die Schale ganz; hat 2 mehr basale Chromatophoren. Große Leucosinballen, kleine Öltröpfchen. Trotzdem der Protoplast ein wenig in die Mündungsröhre hineinragt, kam doch keine Geißel zur Beobachtung (Fig. 2).

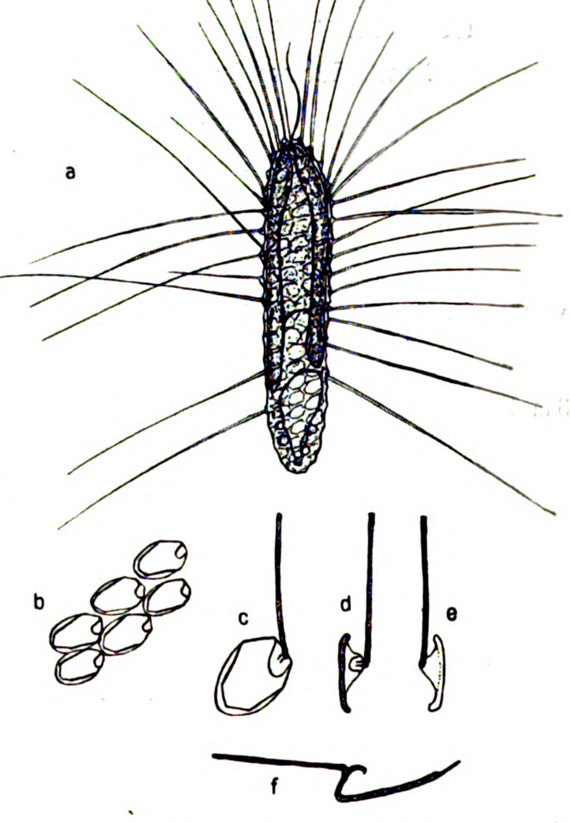




Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 2. *Chrysococcus reticulatus* Reverdin.
Fig. 3. *Mallomonas elongata* Reverdin. a Monade, b Kieselschüppchen; c—f Insertion der Nadeln und der Schüppchen.

Genfer See-Plankton; zwischen Pont-Noir und Ariana.
Zugehörigkeit zu *Chrysococcus* nicht sicher; es scheint sich viel-

leicht um Chrysomonadencysten zu handeln, die kurz vor der Keimung waren und den Stopfen bereits aufgelöst hatten.

Mallomonas elongata Reverdin.

Étude phytoplankt. exp. et descript. des eaux du lac de Genève — Arch. d. Scienc. physiq. et nat. I. p. 71/73 (sep.!).

Zellen langwalzlich, 5—6mal so lang als breit. Schuppen breit elliptisch mit charakteristischer längspolygonaler Leistenskulptur, in leicht geneigten Schrägreihen. Kieselborsten $^1/_2$—$^3/_4$ so lang als der Protoplast, auf einem kleineren Höckerchen am breiteren Ende des Kieselschüppchens inserierend, anscheinend gelenkig verbunden. Nadeln vorn sehr zahlreich, gegen die Basis abnehmend, die vorderen nach vorwärts, gegen die Basis mehr horizontal und schließlich leicht nach rückwärts gerichtet. Nadeln glatt. Chromatophor groß, gebogen, plattenförmig, wandständig, die vorderen beiden Längendrittel ausfüllend. Stigma fehlt. Geißel $\frac{1}{5-4}$ körperlang mit deutlich lichtbrechendem Basalkörperchen. Basal Leucosin, im Protoplasten verteilt Öltröpfchen. Kontraktile Vakuolen in der hinteren Körperhälfte. Cysten kugelig. — Die Form der Zelle ändert sich speziell bei ungünstigen Faktoren (Fig. 3).

Länge der Flagellaten 50—60 μ, Breite 11—15 μ, Cysten 24 μ.

Genfer See-Plankton; zwischen Pont-Noir und Ariana.

Uroglenopsis apiculata Reverdin.

Reverdin, L.: Étude phytoplankt. exp. et descr. des eaux du lac de Genève. — Arch. d. Scienc. phys. et nat. I. p. 66 (sep.!).

Kolonien kugelig, scheibenförmig oder mehr unregelmäßig, aus vielen, 4—600 Einzelzellen bestehend, die aber wieder einzeln vorkommen können. Einzelzelle verkehrt schief-eiförmig, basal spitz, vorn stark verschmälert und oft einseitig bauchig, mit großen muldenförmigen vorn gelegenen Chromatophoren, basalen Leucosinballen und 2 ungleichen Geißeln, die längere körperlang, die kürzere in der Nähe des Augenfleckes inserierend. Angeblich ohne kontraktile Vakuole.

Kolonien bis 20—300 μ, Einzelzellen 8—10,5 μ lang, 6—6,5 μ breit (Fig. 4a, b).

Genfer See-Plankton; zwischen Pont-Noir und Ariana.

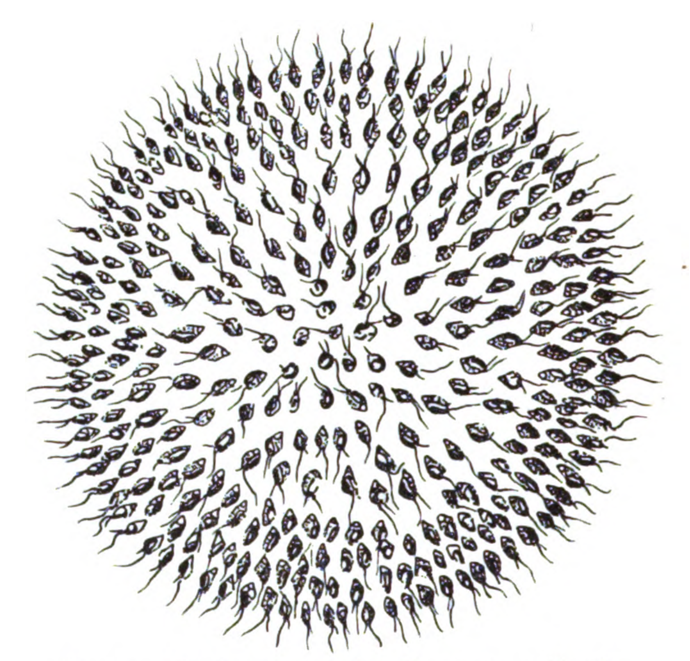


Fig. 4a. *Uroglenopsis apiculata* Reverdin. a Monade.

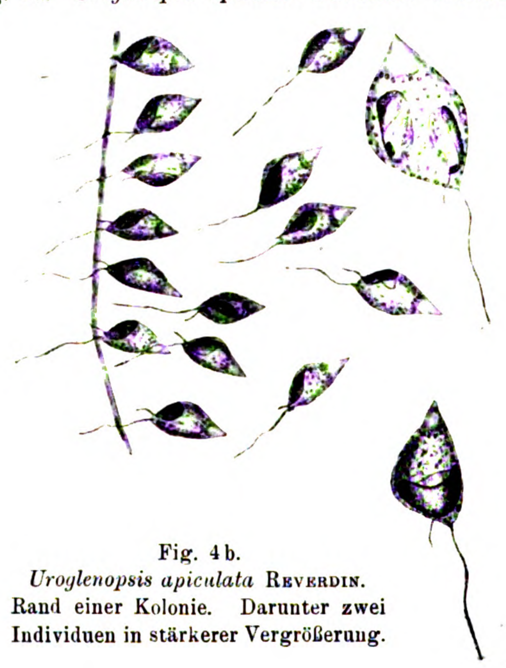


Fig. 4b.
Uroglenopsis apiculata Reverdin.
Rand einer Kolonie. Darunter zwei Individuen in stärkerer Vergrößerung.

Dinobryon elegans Reverdin.

Reverdin: Étude phytoplanktonique, exp. et descript. des eaux du lac de Genève. — Arch. phys. et nat. I. p. 59 (sep !)

Gehäuse lang, regelmäßig und spitz kegelförmig, im vorderen Sechstel leicht bogig zur geraden Mündung erweitert, ungefähr $3^1/_2$ bis 4 mal so lang als breit; sehr zart und freischwimmend. Protoplast spindelförmig mit zartem Protoplasmastiele am Grunde des Gehäuses verfestigt, mit einem großen Chromatophoren und zwei kontraktilen, vorn gelegenen Vakuolen. Die beiden Geißeln, relativ kurz, treten nach Reverdin nicht aus dem Gehäuse aus.

Länge des Gehäuses 38 μ, Breite 11 μ (Fig. 5 b).

Genfer See-Plankton zwischen Pont-Noir und Ariana.

Dinobryon urceolatum Reverdin.

Reverdin: Étude planktonique, exp. et descript. des eaux du lac de Genève. — Arch. d. Scienc. phys. et nat. I. p. 59 (sep.!).

Einzeln, freischwimmend. Gehäuse breit glockenförmig, an der Mündung gerade abgeschnitten und nicht nach außen erweitert, basal rundlich oder spitz, so breit wie lang oder etwas länger, weit vom Protoplasten abstehend. Dieser ellipsoidisch, mit kontraktilem Stiele am Grunde des Gehäuses verfestigt, ragt mit seiner vorderen Hälfte (wenn nicht zurückgezogen), über die Gehäusemündung heraus, hat innen großen Chromatophoren, eine deutliches lippenartiges „Peristom“ und zwei sehr ungleiche Geißeln, vor denen die kürzere wie bei vielen Dinobryen beim Stigma inseriert, die längere länger ist, als es sonst bei Dinobryen der Fall zu sein pflegt. Bewegung langsam.

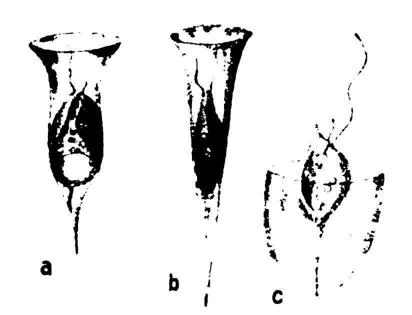


Fig. 5. *Dynobryon.* a *D. campanuliforme* Reverdin. b *D. elegans* Rev. c *D. urceolatum* Reverdin.

Länge 9—11 μ (Fig. 5 c).

Genfer See-Plankton, nahe der Oberfläche.

Dinobryon campanuliforme Reverdin.

Reverdin: Étude phytoplanktonique, expériment. et descript. des eaux du lac de Genève. Arch. de Scienc. phys. et nat. I. (57/58 sep.!) 1919.

Freischwimmend, einzeln lebend. Gehäuse aus einem cylindrischen Mittelteil bestehend, das basal eiförmig lang und scharf spitz aus-

endet, vom vorderen Viertel an aber breit nach außen zu einer geraden Mündung erweitert ist: also schmal glockenförmig an der Basis spitz ausgezogen. Gehäuse 2—2½ mal so lang als breit, sehr zart. Protoplast eiförmig mit zartem Stiele nicht am Grunde, sondern mehr seitlich befestigt. Die lange Geißel überragt leicht die Gehäusemündung. Ein großer Chromatophor.

Gehäuselänge 30—32 μ, Breite 14—16 μ (Mündung). Fig. 5a.

Genfer See-Plankton; zwischen Pont-Noir und Ariana.

Hyalobryon cylindricum Reverdin.

Étude phytoplanktonique, expériment. et descript. des eaux du lac de Genève. Arch. de Scienc. phys. et nat. I. S. 61/2 (sep.!).

Gehäuse überaus zart, aus zahlreichen basal gedrängten, nach oben hin verlängerten trichterig ineinandersteckenden Zuwachsstücken bestehend, so daß die Kontur des Gehäuses besonders in der Basis gezähnt oder gekerbt erscheint, während der vordere Teil glatt ist. Gehäuse vorn cylindrisch, basal eiförmig erweitert und dann sehr kurz und spitz zusammengezogen. Mündung gerade abgeschnitten. Protoplast körnelig mit blassem, vielleicht in Reduktion begriffenen undeutlichen Chromatophoren, ohne Stigma, mit einer kontraktilen Vakuole, am Grunde des Gehäuses fixiert. Längere Geißel



Fig. 6. *Hyalobryon cylindricum* Reverdin.

halb so lang wie der Protoplast und weit über die Mündung hinausragend, die kürzere sehr kurz.

Freischwimmend oder zu 4—8 auf gemeinsamer Gallerte unbestimmter Herkunft.

Gehäuselänge 27—32 μ, Breite (Mündung) 5, (Basis) 7,2 μ. Fig. 6.

Genfer See-Plankton; gegenüber Hermance.

Chrysamoeba helvetica Reverdin.

Étude phytoplanktonique, expériment. et descript. des eaux du lac de Genève. Arch. de Scienc. phys. et nat. I. S. 74 (sep!).

Kleine Chrysamöben einzeln oder in kleinen unregelmäßigen Nestern, freischwimmend. Zu allermeist mit lappigen Pseudopodien oder mit langen feinen, kaum verzweigten Rhizopodien, die gelegentlich rasch völlig eingezogen werden, so daß die Zelle kuglig wird, und ebenso plötzlich ausgesendet werden. Manchmal ist eine kurze, vielleicht in Reduktion begriffene Geißel zu beobachten. Chromatophor

ziemlich groß und muldenförmig. Leucosinbällchen und Öltröpfchen vorhanden. Drei kleine kontraktile Vakuolen. Stigma vorhanden, klein und stäbchenförmig. Ernährung holophytisch.

Größe der Einzelzellen: 10—14 μ im Durchmesser. Fig. 7.

Im Plankton des Genfer See (zwischen Pont-Noir und Ariana, und gegenüber Hermance, hier in großer Menge).

Diese *Chrysamoeba helvetica* steht der *Chrysamoeba radians* Klebs kaum näher. Ich möchte aber auch Reverdin nicht folgen, wenn er *Rhyzochrysis* Pascher und *Chrysidiastrum* Lauterborn für wahrscheinliche, bloße Entwicklungsstadien hält. Ich meine im Gegenteil,

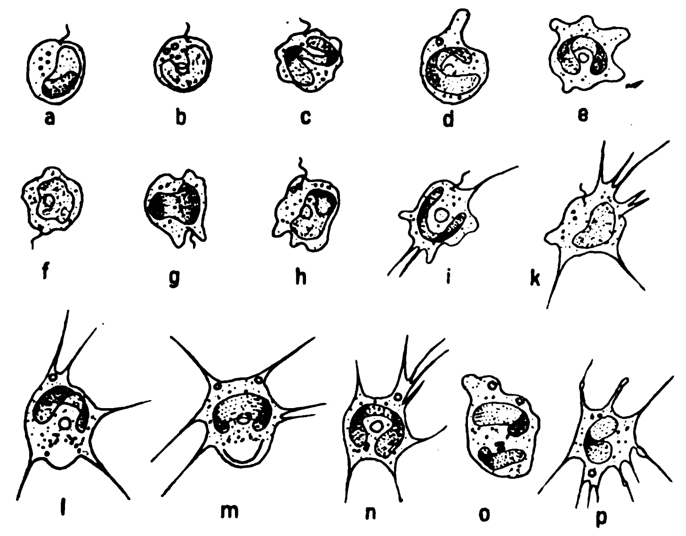


Fig. 7. *Chrysamoeba helvetica* Reverdin. a— p verschiedene Stadien des Überganges aus dem Flagellaten ins Rhizopodenstadium.

daß es sich bei *Rhizochrysis* (auch die Untersuchungen Doflein's an *Rhizochrysis Scherffelii* und *Rhizochrysis Pascheri* sind nur so zu deuten) um die charakteristischen vegetativen Lebensformen — die ontogenetischen Abschlußstadien handelt. Gewiß ist es nicht ausgeschlossen, daß bei diesen Formen auch noch andere Stadien als die bis jetzt bekannten auftreten (vielleicht auch noch schwärmende). Formen wie *Chrysosteptanosphaera* Scherffel, *Chrysidiastrum*, *Rhizochrysis*, *Chrysarachniom* scheinen aber doch das Flagellatenstadium völlig unterdrückt und in ihrer charakteristischen vegetativen Lebensform völlig rhizopodial und darin morphologisch recht bestimmt entwickelt zu sein. Gerade *Chrysamoeba helvetica*, bei der Reverdin wiederholt begeißelte Individuen beobachtete und bei der das Flagellaten-

stadium sichtlichst in Reduktion begriffen ist, führt zu völlig rhizopodialen Formen sehr schön über. Reverdin hat niemals die Aufnahme kleiner organischer Körperchen in den Rhizopodien beobachtet, ich halte sie auch bei solch extrem-planktontischen Formen nicht für ausgeschlossen. (A. P.)

Diceras Reverdin nov. gen.

Reverdin: Étude planctonique expériment. et descript. du lec de Genève. Bull. d. Sciences phys. et nat. I. p. 55 (sep.!) 1919.

Zellen freischwimmend. Gehäuse sehr zart, in etwas ungleiche lange Fortsätze ausgezogen, die haarfein spitz enden und in einem Winkel von annähernd 142° zueinander stehen. Gestalt einseitig spindelig. In der mittleren Auftreibung des Gehäuses der Protoplast lebend, der einen großen Chromatophoren, in Form einer rundlichen gebogenen, ziemlich randständigen Platte, ohne Stigma hat. Der Protoplast den zentralen Teil des Gehäuses meist ausfüllend. Zwei kleine ungleiche Geißeln vorhanden, die durch ein feines Loch in der Mitte der Konvexseite des Gehäuses nach außen vorragen. Bewegung durch die Geißeln bedeutungslos. Vermehrung durch schiefe Teilung der Protoplasten. Weitere Entwicklung unbekannt mit Ausnahme der Tatsache, daß ein ausgetretener Teilprotoplast ein zunächst nur einhörniges Gehäuse ausbildet.

Eine Art:

Diceras Chodati Reverdin.

Zellen annähernd 78 μ lang, der zentrale Teil des Gehäuses 13,5 μ lang, 5,8 μ breit; die Fortsätze der kürzere 24 μ, der längere 40 μ lang (Fig. 8a). Anscheinend Winterform.

Plankton des Genfer Sees: zwischen Pont-Noir und Ariana.

Styloceras Reverdin nov. gen.

Reverdin: Étude planktonique, exper. et descript. du lac de Genève. Bullet. des sciences physic. et nat. I. S. 56/57 (1919).

Freischwimmende, lang spindelförmige zartwandige Zellen, die mit langen schmalen cylindrischen, gerade abgestutzten Verlängerungen auf beiden Seiten versehen sind. In der mittleren Erweiterung der spindelförmige Protoplast, der seitlich an der Wand festsitzt, einen großen olivbraunen Chromatophoren und vorne, in der Nähe einer peristomartigen Vorziehung des Protoplasten, einen großen Augenfleck hat. Kontraktile Vakuolen kamen nicht zur Beobachtung. Ebensowenig Geißeln und eine Membranöffnung, durch welche die Geißeln vorne vorragen können.

Eine Art:

Styloceras longissimus REVERDIN.

Länge der Zellen 156 μ, spindelförmige mittlere Verbreiterung 52 μ lang, ebensolang die beiden zarten Enden der Zellen; Durchmesser an der dicksten Stelle 4 μ (Fig. 8 b).

Genfer See-Plankton: zwischen Pont Noir und Ariana. Unvollständig bekannte Gattung, die vielleicht einen Übergang zu dauernd zellulären Formen darstellt.

Chlorotriangulum KUFFERATH **nov. gen.**

KUFFERATH, H.: Note sur la flore algologique du Luxembourg septent. Ann. d. Biol. lac. VII. p. 281 (1914).

Protoplast unregelmäßig dreieckig, vorne leicht abgerundet, basal, manchmal unregelmäßig ausgeschweift. Geißeln 2, apikal, gleich lang. Der Chromatophor erfüllt angeblich fast die ganze Zelle und ist wenig differenziert; das Pyrenoid ist nicht deutlich. Das Stigma groß und rund, liegt in der vorderen Hälfte der Zelle.

Eine Art:

Chlorotriangulum minutum KUFFERATH.

Zellen 4—8 μ lang, Geißeln 12—16 μ (Fig. 9).

In fließendem Wasser längs der Straße von Laroche nach der Baraque de traiture.

(Die Gattung ist völlig ungenügend bekannt: es liegt keine Angabe über die Beschaffenheit der Membran, die Teilung usw. vor, so daß ihre Stellung, ob Polyblepharidine oder Chlamydomonadine, ganz unsicher ist. KUFFERATH verweist auf die Ähnlichkeit mit der Chlamydomonadine *Brachiomonas* BOHLIN. Vielleicht sei darauf hingewiesen, daß nach KLEBS die Ulotrichale *Hormidium* ganz ähnliche, asymmetrische Schwärmer hat. A. P.)

a b

Fig. 8. a *Diceras Chodati* REVERDIN. b *Styloceras longissimus* REVERDIN.

Lepocinclis pyriformis Kufferath.

Kufferath, H.: Contrib. à l'étude de la flor. alg. du Luxembourg merid., II. Teil. Annal. biol. lac. VII. p. 256 (1915).

Zellen verkehrt birnförmig, basal in einen langen hyalinen spitzen Fortsatz ausgezogen, vorne sehr breit abgerundet. Hautschicht mit 6—7 spiralig um den Protoplasten laufenden Streifen, die dem ganzen Organismus kerbwellige Kontur geben. Ein großes vorne gelegenes Stigma. Der grüne Chromatophor erfüllt angeblich die ganze Zelle, mit Ausnahme des basalen Fortsatzes.

Länge 25—30 μ, Breite 15—18 μ. Fortsatz 7—9 μ lang (Fig. 9 rechts).

In einem Bach bei Bizeux.

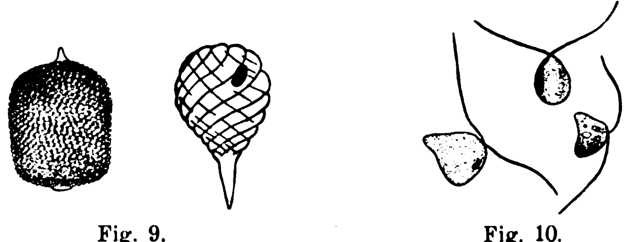


Fig. 9. Fig. 10.

Fig. 9 rechts: *Lepocinclis pyroformis* Kufferath. links: *Lepocinclis ovum* var. *quadrata* Kufferath.

Fig. 10. *Chlorotriangulum minutum* Kufferath.

Diese sehr unvollständig beschriebene Art bedarf noch sehr der Ergänzung. Möglicherweise handelt es sich um gar keine *Lepocinclis*. Es sind auch keine Angaben über den Querschnitt der Zelle gegeben.

Lepocinclis ovum (Ehrenberg) Lem. var. *quadrata* Kufferath.

Kufferath a. a. O. S. 256.

Unterscheidet sich vom Typus durch die bedeutendere Größe und die fast cylindrisch beiderseits fast abgestumpfte Form. Der basale Fortsatz ist sehr klein. Zahlreiche Perlstreifen bedecken dicht spiralig und nebeneinanderlaufend die Hautschicht.

Länge 47 μ, Breite 33 μ. (Fig. 9 links.)

Diese Varietät wurde hier nur deshalb aufgenommen, weil sich ihre Abbildung auf dem gleichen Stocke befand, wie die von *Lepocinclis pyriformis* Kufferath.

Besprechungen.

W. Zimmermann: Zur Entwicklungsgeschichte und Cytologie von *Volvox.* (Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 60, H. 2.)

Es wurde hauptsächlich *Volvox aureus* untersucht. Verf. geht bei der Schilderung der vegetativen Entwicklung von den Zellen ganz junger, noch unbeweglicher Tochterkolonien aus: sie sind als Kugelschale angeordnet und zeigen außer Kern (mit wenig peripherem Chromatin und einem kleinen Binnenkörper) und Pyrenoid keine weiteren Strukturen. Erst nach erfolgter Umlagerung des Zellinhalts (der vorher binnenwärts vom Pyrenoid gelegene Kern liegt sodann peripheriewärts) zeigen sich die Geißelanlagen bereits als kurze Stäbchen, die von zwei Basalkörnern entspringen, welche durch einen Rhizoplasten mit der Kernmembran verbunden sind. Genaueres über Geißelentstehung konnte nicht festgestellt werden. Auf diesem Stadium lassen sich bereits die Gonidien an ihrer Größe erkennen.

Die Gonidie bildet im Gegensatz zur rein vegetativen Zelle keine Vakuolen im Cytoplasma aus. Der Kern nimmt an Volumen zu. Dem Binnenkörper ist oft ein mit EH stark färbbares Korn angelagert, welches Verf. als „Randkörper" bezeichnet. Mit allmählicher Größenzunahme der Zelle verschwindet der Geißelapparat, wobei zunächst der Rhizoplast sich aufzulösen scheint. Das weitere Schicksal von Geißel und Basalkorn bleibt ungeklärt. Teilungsstadien der Pyrenoide wurden nicht beobachtet und daher eine Neubildung dieser aus dem Plasma angenommen. Kernteilung. In der Prophase treten 10—12 Knotenpunkte im Außenkerngerüst auf. Dann folgt ein vielleicht kontinuierliches Spirem, welches in 12 Chromosomen zerfällt. Nunmehr wandert der Binnenkörper an die dem Pyrenoid zugekehrte Kernperipherie und löst sich auf. Dann bildet sich die Spindel bipolar aus. Zentriole konnten nur in vereinzelten Meta- und Anaphasestadien nachgewiesen werden. Die Spindelpole sind stets zugespitzt, es kommen durchlaufende Spindelfasern vor, die Chromosomen liegen quer zur Spindelachse. Es findet wahrscheinlich Längsspaltung der Chromosomen statt. In der Telophase verklumpen die Chromosomen

jeder Tochterplatte zu sphärischen Gebilden, welche — die alte Kernmembran wird schon in der Anaphase resorbiert, später schwinden auch die Spindelfasern — sich in die neuen Tochterkerne umwandeln. Hierbei lockert sich das Gefüge der Chromosomen und es treten zwischen ihnen Körner auf, die unter Volumvergrößerung zum neuen Binnenkörper zusammenfließen.

Die Entstehung der Spermatozoiden zeigt folgende Verschiedenheiten gegenüber der ungeschlechtlichen Fortpflanzung: 1. die Spindelachsen liegen stets parallel zur Kolonieoberfläche. 2. nach der letzten Zellteilung erfolgt keine Umlagerung des Zellinhalts. Alle Kernteilungen zeigen 12 Chromosomen. Im fertigen Spermatozoid ist der Binnenkörper stark reduziert.

Die Eier verlieren die Geißeln auf einer früheren Entwicklungsstufe als die Gonidien. Der „Randkörper“ ist viel häufiger zu beobachten. Als Reservestoffe wurden gefunden: 1. echte Stärke, 2. Volutin (nach der Mehrzahl der Reaktionen bestimmt; abweichende Reaktionen: Unlöslichkeit in starken Säuren und starke Schwärzung mit Osmiumsäure), 3. ein durch Karotin gefärbter fettähnlicher Körper. Der Befruchtungsvorgang konnte nicht beobachtet werden.

Von den Reduktionsphänomenen liegen nur wenige Stadien vor. Zunächst bildet sich im Zygotenkern, der zuerst den Habitus der vegetativen Kerne besitzt ein chromatisches Gerüst aus, in dem Parallellagerung einiger Fäden vorkommen soll (aus der entsprechenden Abbildung jedoch fast gar nicht ersichtlich! D. Ref.). Nach erfolgter Auflösung (hier mehr als Zerfall zu bezeichnen) des Binnenkörpers ordnet sich das Chromatin zu einem „synaptischen Gebilde“ an (die betreffende Abbildung läßt dieses allerdings nur mit einiger Phantasie erkennen; der Umstand, daß auch keine Kernmembran sichtbar ist, legt den Verdacht nahe, daß es sich hier um eine pathologisch veränderte Zygote handelt. Und selbst wenn das Stadium normal ist, so wäre es kaum als Synapsis sondern höchstens als Leptozygotän zu bezeichnen. D. Ref.), dem ein Diplotänstadium mit 12 ringförmigen Doppelchromosomen folgt. Von den folgenden Stadien liegt nur eines vor, welches 12 kurze parallelgelagerte Doppelchromosomen in einem homogenen Kernraum zeigt und vom Verf. als Diakinese gedeutet wird. Die erste Zygotenteilung wird daher als Reduktionsteilung bezeichnet. Die folgenden Teilungen zeigen wieder 12 Chromosomen wenn die junge, aus der Zygote hervorgehende Kolonie fertig ist, so bilden sich die Geißeln an dem dem Kern gegenüberliegenden Zellpol aus.

Mikrochemische Reaktionen zeigten eine ziemliche Übereinstimmung zwischen dem Binnenkörper und den Nucleolen höherer Pflanzen. Hingegen ist das Verhalten des Binnenkörpers bei Autolyse (er wird aufgelöst) durchaus verschieden.

Angaben über die Biologie usw.: die Kultur gelang in „Standortswasser“ in großen Glasgefäßen, die nur Oberlicht erhielten; *V. aureus* lebte 3, *V. globator* 10 Monate. Während bei 8—12° ungeschlechtliche Fortpflanzung vorherrschte, trat bei 25° sofort Sexualität auf. Im freien wurde *Volvox* Anfang Januar bis Mitte Februar in vegetativer Vermehrung angetroffen. Nach längerer Eisbedeckung sank der Bestand auf ein Minimum, um nach der Eisschmelze wieder rasch zuzunehmen. Anfang Mai

traten sexuelle Kolonien auf; mit der Zygotenbildung verschwand *Volvox* völlig. Ende Juni traten wieder Kolonien auf, meist sexuell. Im Spätsommer zeigten sich zahlreiche aberrante Entwicklungsstadien. Im September trocknete der Tümpel aus; im Oktober füllte er sich wieder und der *Volvox*-Bestand blieb den ganzen Winter über unverändert.

Bei *V. globator* wurde ein abweichendes Verhalten des Geißelapparats insofern festgestellt, als die Rhizoplaste bei der heranwachsenden Gonidie nicht völlig verschwinden, sondern eine stark färbbare cylindrische Plasmapartie zwischen Kern und Zelloberfläche zurücklassen, die bei der Teilung auf die Tochterzellen verteilt zu werden scheint.

Zum Schluß diskutiert Verf. seine cytologischen Resultate an Hand einer Übersicht der von früheren Autoren vorgebrachten Anschauungen über: 1. Bedeutung des Binnenkörpers, 2. Entstehung der Geißeln, 3. Reduktionsteilung. Er kommt zu dem Resultat: ad 1. der Binnenkörper steht in keiner Beziehung zur Kernteilungsfigur; seine Beziehung zur Chromosomenbildung ist vorläufig noch unklar. ad 2. die Geißeln entstehen als plasmatische Differenzierung in völliger morphogenetischer Unabhängigkeit vom Kern; jedoch ist eine persistente präformierte Plasmapartie wahrscheinlich als Mutterboden des Geißelapparats vorhanden. ad 3. die Reduktionsteilung verläuft am ähnlichsten mit den von *Delesseria* ohne vorausgehendes Spirem- und Bukettstadium.

Die vorsichtige Art, in der der Verf. seine Anschauungen vorbringt und die in Anbetracht seiner ziemlich lückenhaften Resultate gerechtfertigt erscheint, machen eine Kritik nicht leicht. Es sei also hier nur auf seine Darstellung der Geißelentstehung, über welchen Punkt er sich noch am bestimmtesten äußert, eingegangen. Seine negativen Befunde lassen so wenig Gemeinsames erkennen, daß sie eine so dezidierte Ausdrucksweise kaum rechtfertigen dürften. Um so mehr, als nun außer der von dem Verf. zitierten Arbeit von ENTZ auch zwei andere Arbeiten vorliegen, in denen die Entstehung zumindest des Basalkorns (und das ist das Ausschlaggebende, denn das Auswachsen der neuen Geißeln aus Basalkörnern ist schon oft beschrieben worden) aus dem Kern einwandfrei beschrieben wurde: von C. WILSON (1916)[1]) bei einer *Vahlkampfia*-Art und von HARTMANN (1921) bei *Eudorina elegans*. Und wenn man letztere Befunde in Betracht zieht, so kann man auch in vorliegender Arbeit Hinweise finden, daß es sich bei *Volvox* ähnlich verhält: fig. 2 und 30 zeigen den Kern dem Zellpol, an dem die Geißel entsteht, zunächst sehr genähert; später rückt er dann nach der Beschreibung des Verf. ab; siehe dazu die entsprechende Schilderung bei HARTMANN!

KARL BĚLAŘ, Berlin-Dahlen.

E. G. Pringsheim: Zur Physiologie farbloser Flagellaten (*Polytoma*, *Astasia* und *Chilomonas*). (Beitr. f. allg. Botanik. Bd. II. 1921.)

Nach einem kurzen Überblick über die Stellung dieser farblosen **Parallelformen** von chlorophyllführenden Flagellatengruppen sowie die verschiedenen **Wege** ihrer Entstehung aus letzteren, berichtet Verf. in chrono-

[1]) C. WILSON: On the life history of a soil amoeba. Univ. of Calif. public. in Zool. Vol. 16 1916.

logischer Form über Versuche, die für die Ernährung nötigen Substanzen zu ermitteln. 1. Am eingehendsten wird *Polytoma uvella* behandelt. Rohkulturen wurden (nach JAKOBSEN) wie folgt, angelegt: Fibrin wird mit Erde überschichtet und mit Wasser begossen. Dann impft man Schlamm. Statt Fibrin wird mit Erfolg Gelatine genommen, ferner andere Eiweißstoffe: Kaseïn, Albumin, getrocknetes Blut u. a. m. Optimaltemperatur: 22—25°. Von da ausgehend konnten gute Kulturen in Eiweißlösungen, die durch Bakterienreinkulturen abgebaut waren, erzielt werden, aber nur nach Abtötung der Bakterien, da diese zuviel Sauerstoff verbrauchen. Gute bakterienfreie Reinkulturen wurden in Nährlösungen von bekannter Zusammensetzung erzielt, am besten in folgender: je 0,2 Proz. Natriumacetat, Glykokoll, Glukose und Kaliumkarbonat, ferner 0,01 Proz. Magnesiumsulfat und 0,02 Proz. Kaliumphosphat (K_2HPO_4) in destilliertem Wasser gelöst. Die Isolierung erfolgt auf Agarnährböden:

Natriumacetat	0,2	Proz.	gelöst in dest. Wasser (Agarproz. nicht angegeben, wahrscheinlich 1—2 Proz. D. Referent).
Glykokoll	0,2	„	
Traubenzucker	0,2	„	
K_2CO_3	0,5	„	
$MgSO + PH_2O$	0,01	„	
K_2HPO_4	0,02	„	

Eine nähere Bestimmung der nötigen Nahrungsstoffe gestattete der Ersatz des Glykokolls durch Ammoniumacetat. (Nährlösung: 0,01 Proz. $MgSO_4$, 0,02 Proz. K_2HPO_4 + Ammoniumacetat $^1/_{80}$ mol.) Diese Kultur — sowie eine große Reihe anderer (hier nicht mitgeteilter) Versuche, die zu den oben erwähnten Nährlösungen führten, zeigen: Als ausreichende Kohlenstoffquelle dient Essigsäure in Form ihrer Salze. Alkalische Reaktion ist vorteilhaft und wird durch die Tätigkeit der Flagellaten selbst erhöht. Als Stickstoffquelle dient entweder eine Aminosäure oder ein Ammonsalz. Nitrat ist ungeeignet. Die Essigsäure kann durch Propion- und Buttersäure ersetzt werden; das Glykokoll durch Alanin, Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure, Pepton und Albumin. Zusatz verschiedener Zuckerarten verbessert die Nährlösung kaum, sie sind als alleinige Kohlenstoffquelle unbrauchbar. Hier nimmt auch Verf. zu der von DOFLEIN aufgestellten Gruppe der „Zuckerflagellaten" Stellung: was *Polytoma* und *Chilomonas* (s. u.) anbelangt, so gehören sie nicht zu dieser Gruppe, deren Vorhandensein überhaupt zweifelhaft ist, da DOFLEIN nicht mit bakterienfreien Reinkulturen seiner *Polytomella* gearbeitet hat. — Unter natürlichen Verhältnissen nutzt also *Polytoma* die durch anaërobe Fäulnisbakterien produzierten Spaltprodukte der durch Hydrolyse der Eiweißstoffe entstehenden Aminosäuren, die Fettsäuren aus. Als Stickstoffquelle dienen die aus dem bei Desamidierung freiwerdenden NH_3 gebildeten Ammonsalze, resp. die Reste der Aminosäure. Bei genügendem Vorhandensein von NH_3 oder anderweitiger Bindung der freiwerdenden Säure können auch die aus Stärke und Zellulose entstehenden Fettsäuren verwertet werden.

Als Reservestoff wird echte Stärke gebildet. An den Reinkulturen stellte Verf. ferner ausgesprochene positive Aërotaxis und Chemotaxis fest. Letztere gegenüber den ersten Gliedern die Fettsäurereihe: Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure und Buttersäure (in mit KOH neutralisierten

Lösungen ihrer Salze). Auf eine kurze negative Reaktion erfolgte dichte Ansammlung und erhöhte Beweglichkeit. Der Schwellenwert ist bei den einzelnen Säuren verschieden, und zwar um so höher, je kürzer die Kohlenstoffkette ist ($\frac{1}{1000}$ mol. Ameisensäure, $\frac{1}{10\,000\,000}$ Buttersäure). Ebenfalls starke positive Chemotaxis wird durch Ammonsalze bewirkt (Schwellenwert $\frac{1}{200}$ — $\frac{1}{500}$ mol.) durch Aminosäure hingegen gar nicht. Außerdem geben noch anderen Stoffe $\pm$ schwache positive Resultate; Verf. erblickt in dem oben Angeführten eine biologische Bedeutung, da alle betr. Substanzen Nährstoffe darstellen. Basische Reaktion setzt die chemotaktische Empfindlichkeit stark herab. Daneben ist noch negative Reaktion auf Säure und Alkalie zu beobachten. Morphologisch ist zu bemerken, daß *Polytoma* in Agarkulturen Geißeln bildet. Bei Übertragung in Wasser wird die Stärke allmählich verbraucht. Die Cysten enthalten außer Stärke noch Fett.

2. *Astasia ocellata* trat in Gelatine-Erde-Rohkulturen (s. o.) auf, optimal bei 30—32°. Sie unterscheidet sich in ihrer Ernährungsphysiologie von *Polytoma* durch ihr Bedürfnis nach stark saurer Reaktion. Dies ermöglichte eine bakterienfreie Reinkultur in flüssigen Medien (Agar war nicht verwendbar), da die Bakterien die optimale Konzentration nicht vertragen (Essigsäure $^1/_{100}$ n). Die Nährstoffe konnten nicht so genau bestimmt werden, wie bei *Polytoma*. Es sind höhere Eiweißabbauprodukte bei stark saurer Rektion nötig. Stärke dient nun als Säurequelle. Die besten Nährlösungen sind: 2 proz. Fleichextraktlösung $^1/_{100}$ n Essigsäure, oder 1 proz. Gelatine + 1 Proz. Kartoffelstärkelösung mit einer Reinkultur von *Vibrio aquatilis* versetzt und bei 32° mehrere Tage bebrütet. Optimaltemperatur 25—30°. Die für *Polytoma* genügenden Stoffe waren für *Astasia* unbrauchbar. Aërotaxis ist deutlich, Chemotaxis wahrscheinlich, Phototaxis trotz des Vorhandenseins eines „Augenfleckes" nicht vorhanden. Anschließend zeigt Verf., daß auch bei *Euglena gracilis* nicht bestimmte Säure (Zitronensäure nach Zumstein), sondern einfach stark sauere Reaktion fördernd wirkt.

3. *Chilomonas paramaecium* wurde aus denselben Rohkulturen, in denen die beiden anderen Formen auftreten, gezüchtet. Optimaltemperatur: 20—22°. Agarnährboden waren unbrauchbar. Die Reinkultur gelang nicht völlig, da die Bakterien nicht völlig eliminiert werden konnten. Nährlösung: Natriumacetat 0,2 Proz., Glykokoll 0,2 Proz., K_2HPO_4 0,02 Proz., $MgSO_4$ 0,01 Proz. in destilliertem Wasser. Die Reaktion muß genau lackmusneutral sein. Geringe Spuren von Alkali oder Säure wirken tödlich, daraus erklärt sich das „ephemere Auftreten" in freier Natur. Die für *Polytoma* ausreichenden Fettsäuren waren unbrauchbar, selbst das Natriumacetat ist nicht unbedingt nötig. Hingegen ist Glukose- oder Maltosezusatz sehr fördernd; andere Zuckerarten etwas weniger. Bei der geringen Menge der vorhandenen Bakterien erscheint es möglich, daß *Chilomonas* den Zucker im Sinne der DOFLEIN'schen „Zuckerflagellaten" verwertet. Als einzige organische Nährstoffquelle genügte Zucker so wenig wie Glykokoll. Statt dieses letzteren können auch andere Aminosäuren verwendet werden. Von Taxieen wurde nun positive

Aërotaxis festgestellt. Verf. weist auf die Ausblicke, die diese Feststellungen bieten, hin und auf die Möglichkeit auch Protozoen mit tierischer Ernährung in Nährlösungen von ähnlicher Zusammensetzung zu züchten.

KARL BĚLAŘ.

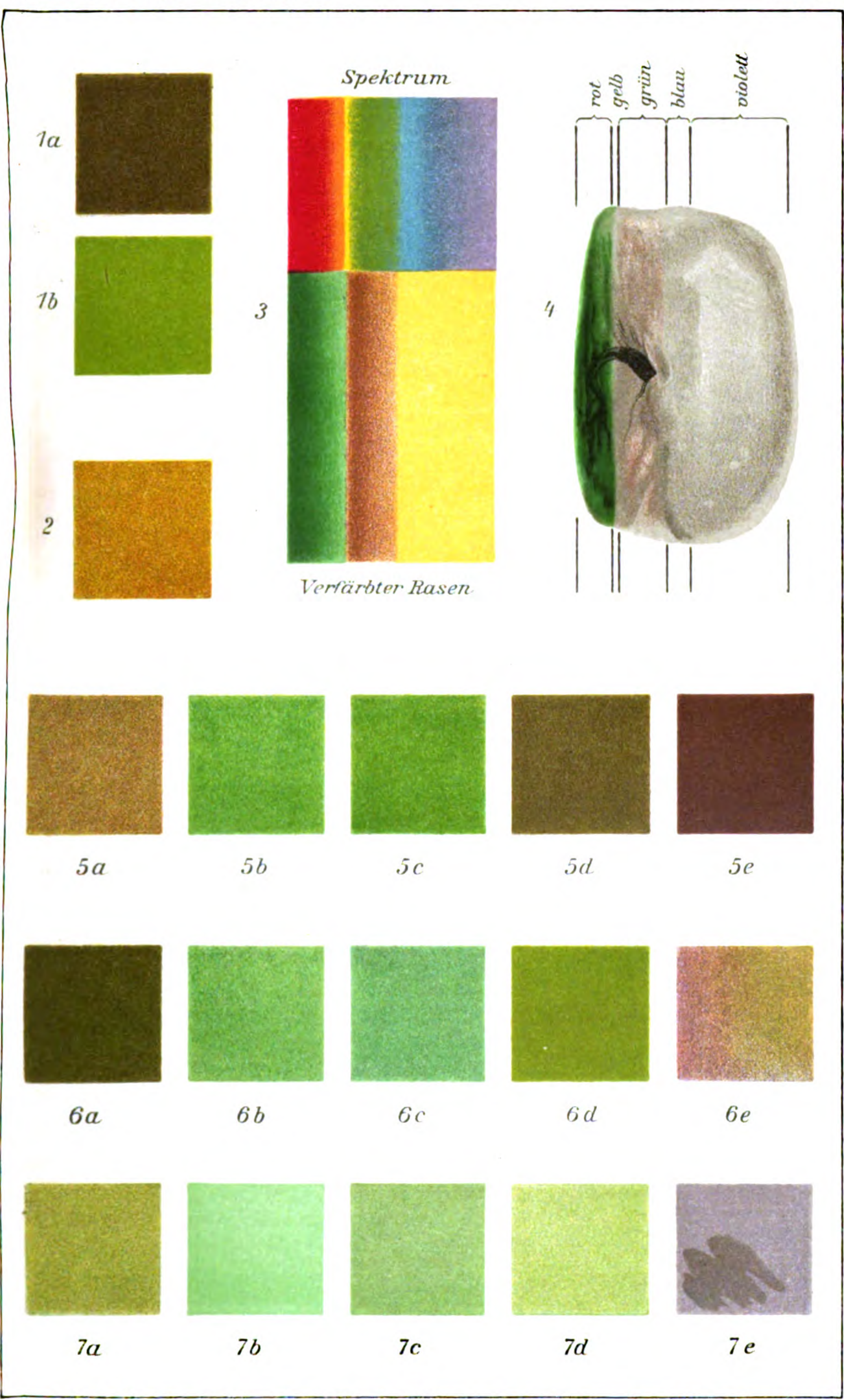
F. v. Wettstein: Zur Bedeutung und Technik der Reinkultur für Systematik und Floristik der Algen. (Österr. bot. Zeitschr. Jahrg. 70. 1921.)

Verf. hebt die Bedeutung der Reinkultur, die für entwicklungsgeschichtliche und physiologische Fragen schon seit langem anerkannt ist, auch für die im Titel genannten Disziplinen hervor. Sie ermöglicht in viel höherem Maß als die bisher gehandhabten Methoden eine Feststellung der Variationsweiten, eine Beobachtung aller Entwicklungsstadien (und macht damit Formen, die sich auf einem unbestimmbaren Stadium befinden, bestimmbar), es können bei der Unterscheidung auch physiologische Merkmale herangezogen werden und schließlich wird man auf seltene Formen durch Anreicherung aufmerksam. Verf. empfiehlt hierzu Agarnährböden; der Agar muß tagelang zunächst in fließendem, dann in destilliertem Wasser ausgewaschen werden. Das destillierte Wasser muß in Glasgefäßen hergestellt werden. Außer einem Nährboden, der aus 1000 ccm 0,05 proz. Nährlösung nach BENECKE (siehe KÜSTER, Kultur der Mikroorganismen) + 10 g Agar hergestellt wird, verwendet Verf. ein von ihm ausgearbeitetes Rezept. welches folgendermaßen lautet:

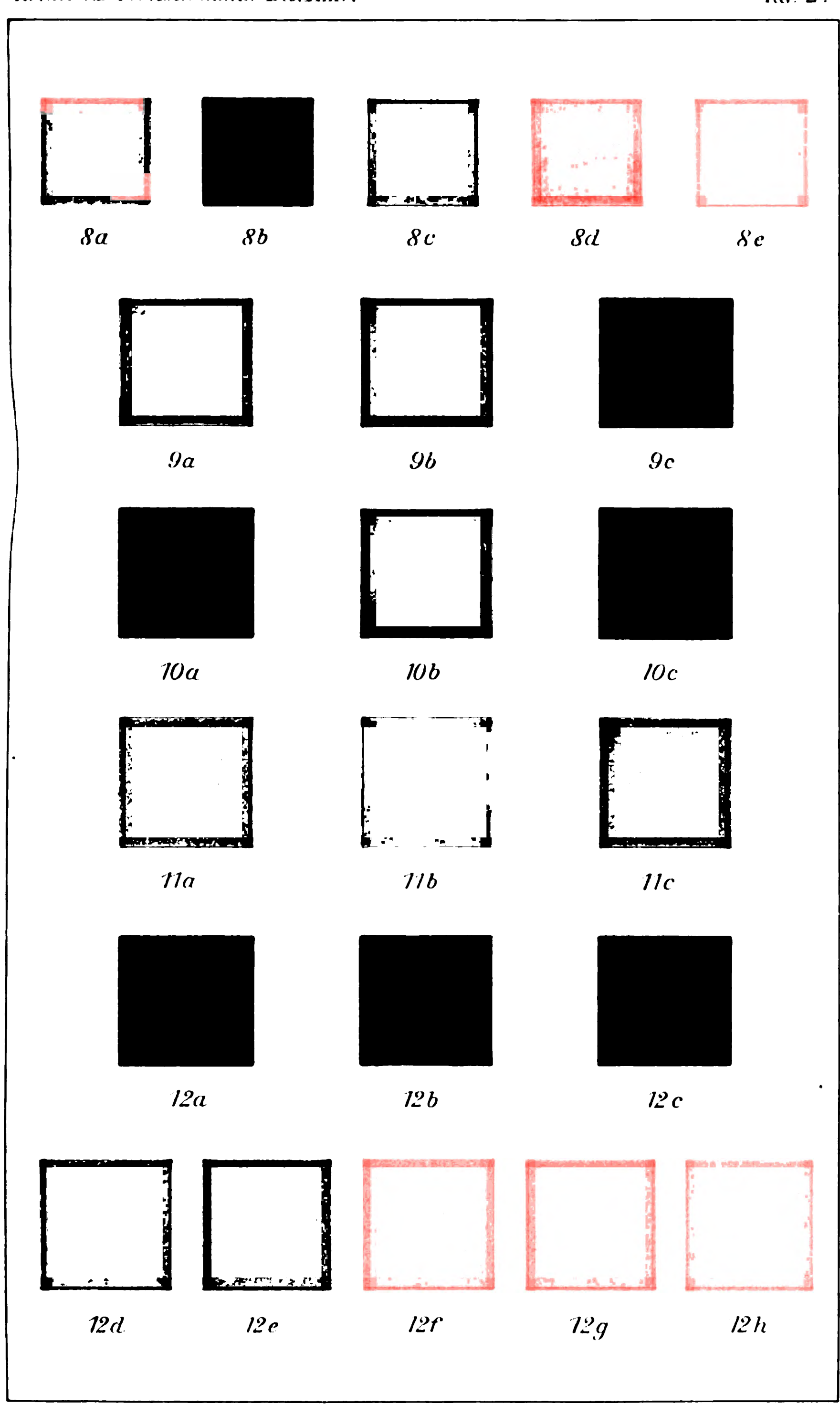
Lösung A:	$(NH_4)_3PO_4$	. 0,2 g
	$MgSO_4$	. . . 0,05 „
	$CaCl_2$	. . . 0,05 „
	$CaSO_4$	. . . 0,05 „
	K_2HPO_4	. . . 0,05 „
	Fe_2Cl_6	. . . 1 Tropfen einer 1 % Lösung
	H_2O dest	. . 1000 g

Lösung B: 250 g Torf in 1000 ccm H_2O einige Stunden Kochen, dann filtrieren und je nach Farbe des Dekokts mit ± Wasser auf hellkaffeebraun verdünnen. 500 ccm Lösung A + 500 ccm Lösung B + 10 g Agar liefern dann den fertigen Nährboden („Torfagar"). Je nach Bedarf kann der Agargehalt noch weiter herabgesetzt werden. Aufstellung der Kulturen: Nordfenster. Verf. hebt hervor, daß die Anlage der Rohkulturen am Fundort selbst vorgenommen werden kann, man läßt die Aussaat in Petrischalen sich entwickeln und impft dann in Röhrchen ab. Auf diesen Nährböden konnten bisher außer zahlreichen *Desmidiaceen*, und *Diatomaceen*, *Protococcaceen*, *Tetrasporaceen*, *Schizophyceen*, *Volvocineen*, *Euglena*- und *Phacus*-Arten *Uroglena volvox*, *Synura uvella*, *Mallomonas*-Arten, *Gloeodinium montanum* und *Cryptomonas ovata* gezüchtet werden. (Ref. hat diese Nährböden seit mehr als einem Jahr erfolgreich in Gebrauch; speziell hat sich der „Torfagar" als beinahe universell brauchbar erwiesen.)

KARL BĚLAŘ.

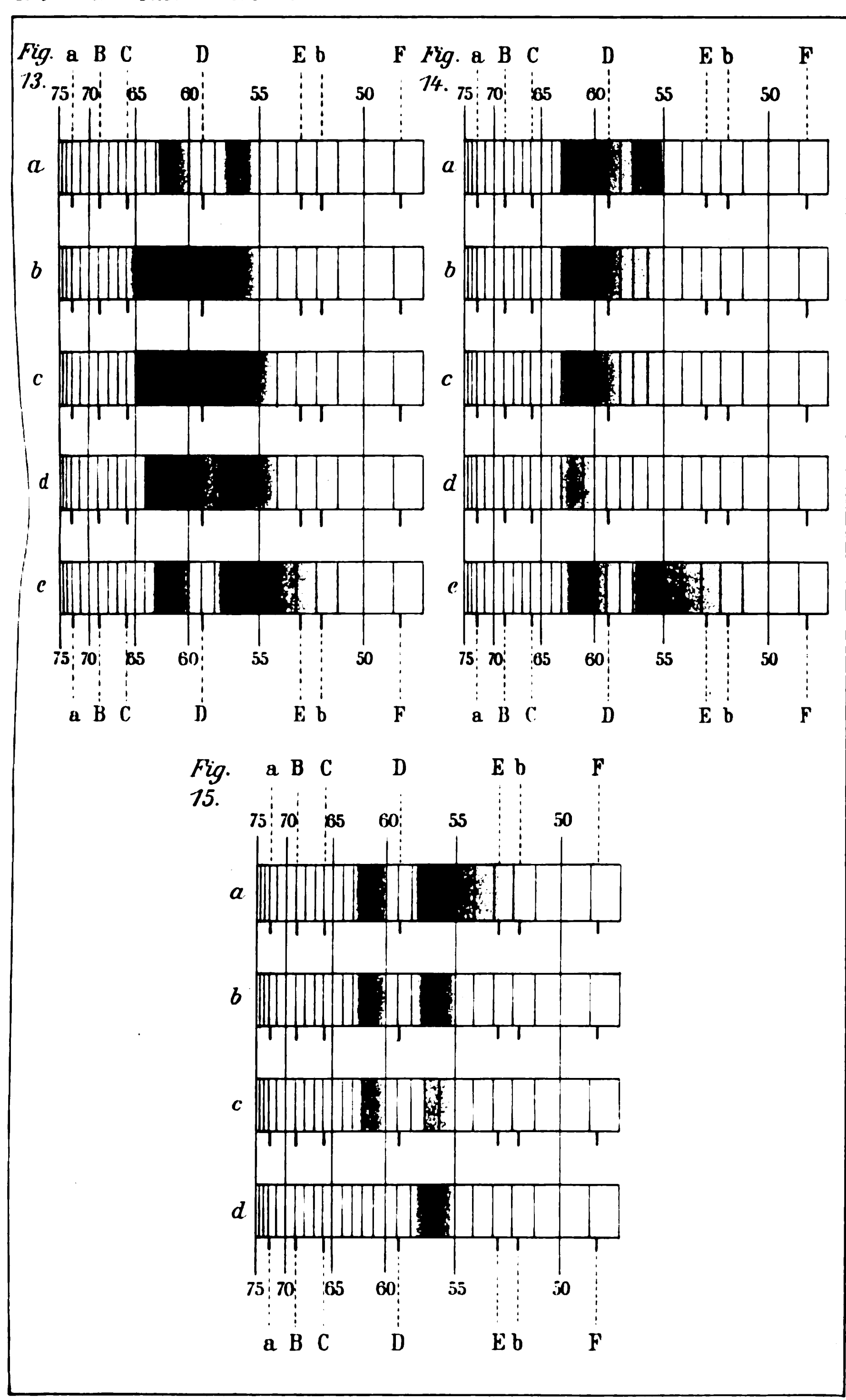


K. Boresch Verlag von Gustav Fischer in Jena. P. Weise Lith., Jena.

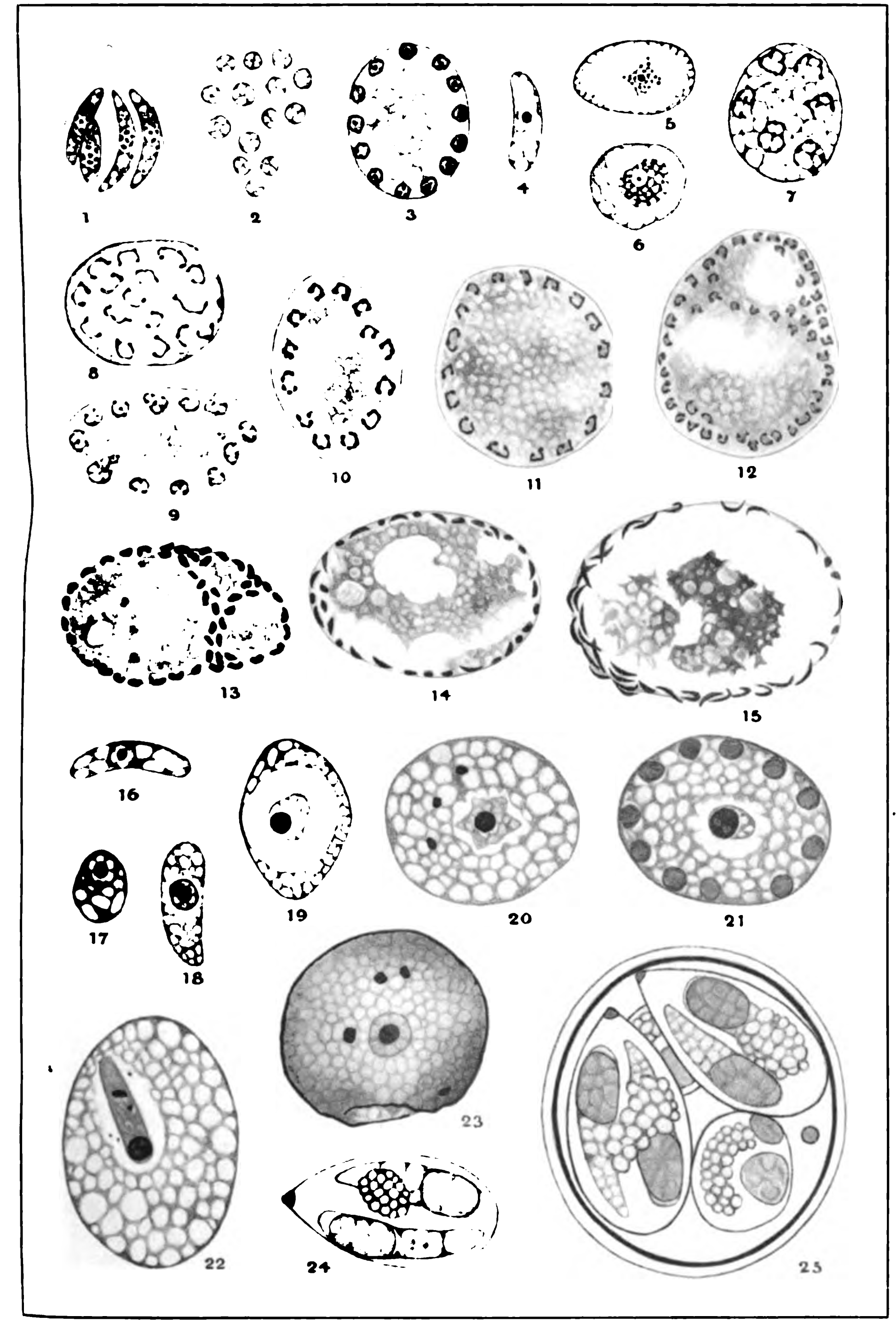


K. Boresch

Verlag von Gustav Fischer in Jena

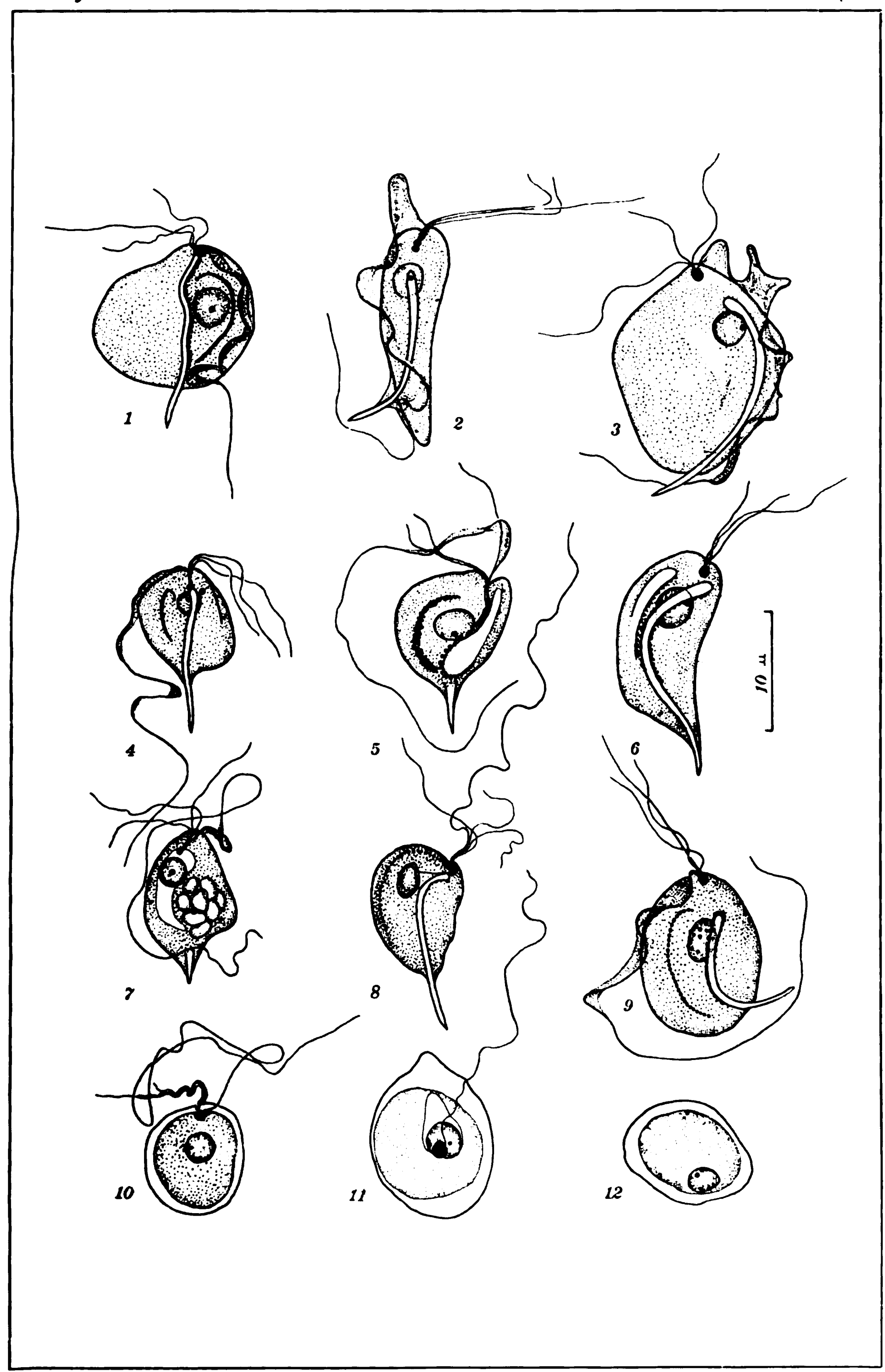


K. Boresch
Verlag von Gustav Fischer in Jena.
P. Weise, Lith. Jena



Otto Nieschulz gez.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.



Faust.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Untersuchungen über Chrysomonadinen.

Von

F. Doflein, Breslau.

(Hierzu Tafel 6—10 und 3 Textfiguren.)

In einer Reihe von Abhandlungen beabsichtige ich Forschungen zu veröffentlichen, welche ich in Freiburg i. Br. in den Jahren 1915 bis 1917 begann, dann für einige Jahre, durch äußere Verhältnisse gezwungen, unterbrach, um sie im Jahre 1920 in Breslau wieder aufzunehmen.

Es sind zunächst Untersuchungen über Chrysomonadinen, von denen mir die Moore des Schwarzwalds eine unerschöpfliche Formenfülle lieferten. In jenen Jahren konnte ich diesen Reichtum ausnützen, da ich militärisch nicht beansprucht wurde und meine Universität wie mein Institut wegen der Frontnähe vereinsamt waren. Ich konnte in dieser Zeit viele Formen lebend untersuchen, in den Nächten ihre Fortpflanzung verfolgen und manche ihrer Lebenserscheinungen feststellen. Das Resultat waren damals zahlreiche Abbildungen nach dem Leben, viele Notizen und eine große Zahl sorgfältig angefertigter Dauerpräparate. Diese letzteren habe ich vorwiegend 1920 und 1921 in Breslau studiert. Wie die Abbildungen nach dem Leben in natürlichen Farben in Freiburg angefertigt sind, so entstammen die in schematischen Farben dargestellten Figuren nach konservierten Präparaten den Breslauer Arbeitsjahren.

Auch Schlesien ist reich an Chrysomonadinen. Und so hatte ich vielfach Gelegenheit, meine damaligen Beobachtungen an frischem

Material zu ergänzen und zu kontrollieren. Meist waren es allerdings andere Arten, die mir hier zur Verfügung standen.

Die erste Arbeit der Reihe behandelt eine interessante Form der Gattung *Ochromonas*; ich habe ihre Lebensweise unter natürlichen Verhältnissen sowie in künstlichen Kulturen, in Wasser mit verschiedenen Zusätzen studiert. Vor allem aber habe ich ihren Bau in lebendem und konserviertem Zustand untersucht. Die meist noch in Freiburg angefertigten Abbildungen der Tafeln 6 und 7 stellen vor allem den Kernbau und die Kernteilung der Art dar. Knappe Angaben darüber habe ich schon 1918 publiziert.

Die zweite Arbeit bringt meine Beobachtungen an *Chrysamoeba radians* Klebs, welche ich auch im Schwarzwald fand. Merkwürdigerweise fand ich fast gleichzeitig ebenfalls in den Schwarzwaldmooren die *Chloramoeba heteromorpha* Bohlin, über welche eine Arbeit von mir 1921 erschien.

Die dritte Arbeit der Serie soll die Beschreibung einer ganzen Anzahl neuer Chrysomonadinenarten, zugleich mit einer ausführlichen Darlegung der endogenen Cystenbildung bei dieser Gruppe enthalten. Ich hoffe die Reihe noch durch einige weitere Sonderuntersuchungen ergänzen zu können.

Indem ich mit diesen Arbeiten beginne, meine während des Krieges liegen gebliebenen Flagellatenarbeiten zu veröffentlichen, möchte ich nicht unterlassen, kurz auf Angriffe zu reagieren, welche Herr A. Pascher im Jahre 1917 gegen mich gerichtet hat. Ich habe nie die Absicht gehabt, eine Priorität in der Angelegenheit der Ableitung der Rhizopoden von Flagellaten für mich zu beanspruchen und erkenne gern an, daß A. Pascher viele Tatsachen über diese Frage vor mir publiziert hat. In meinem Lehrbuch, dessen Druck in 4. Auflage sich von 1914—1916 hinzog, war es zum Teil nicht möglich, die während des Drucks erscheinenden Arbeiten alle im Text zu berücksichtigen, wenn sie auch gelegentlich noch in das Literaturverzeichnis eingefügt werden konnten.

Im übrigen hat ein Autor das Recht, in einem Lehrbuch die Meinungen darzustellen, zu denen er gelangt ist, ohne im einzelnen den Weg zu beschreiben, auf dem er zu ihnen gelangte. Für Prioritätsfragen habe ich mich nie interessiert und habe eine Priorität niemals, an keiner Stelle meiner Schriften in keiner Frage für mich beansprucht. Über sachliche Differenzen und über die Frage, wer recht hat, entscheidet die Zeit und die Entwicklung der Wissenschaft. Literarisches Gezänke hat diese niemals gefördert.

I. Ochromonas granularis Dofl.

(Hierzu Tafel 6—9 und 3 Textfiguren.)

Inhaltsverzeichnis.

Meine eigenen neueren Untersuchungen, wie die Arbeiten von Klebs, Pascher, Scherffel u. a. haben mich davon überzeugt, daß die Chrysomonadinen von besonderer Wichtigkeit für die Erforschung der niederen Protozoen sind. Nun ist noch keine einzige Chrysomonadine cytologisch untersucht worden, mit Ausnahme der von mir genau beschriebenen *Rhizochrysis*-Arten (Doflein 1915 und 1917). Dies ist aber eine spezialisierte Gattung von besonderer Stellung, so daß man aus ihrem Verhalten keine verallgemeinerten Schlüsse auf andere Chrysomonadinen ziehen kann. Daher schien es mir wünschenswert, einige Kenntnisse über diese in manchen Eigenschaften primitiven und beziehungsreichen Organismen zu sammeln. Die Freiburger Gegend erwies sich als besonders günstig für ein solches Vorhaben; denn die moorigen Gewässer des Schwarzwalds sind außerordentlich reich an Chrysomonadinen der verschiedensten Familien und Gattungen. Doch habe ich den Eindruck, daß gewisse Arten in allen Gegenden häufig sein müssen, wohl aber infolge ihrer Kleinheit und der technischen Schwierigkeiten, welche sie der Untersuchung bereiten, selten von Forschern in Angriff genommen wurden.

Die meisten Arten, welche ich untersuchte, waren schwer auf vorhandene Beschreibungen zurückzuführen. Das mag zum Teil seinen Grund in der großen Variabilität dieser Organismengruppe haben. Nicht zum wenigsten liegt es aber an den unvollkommenen Beschreibungen mancher Autoren, welche fast niemals wirklich wesentliche Merkmale der Arten verzeichnet haben. So war ich denn genötigt in den nachfolgenden Darstellungen eine Reihe von Arten neu

zu benennen; ich habe versucht, sie so klar zu kennzeichnen, daß sie jederzeit wieder erkannt werden können und die von mir ihnen beigelegten Namen wohl definitiv werden behalten können. Ich reihe meine Beobachtungen in zwangloser Form aneinander, um allgemeine Folgerungen an den Schluß der jeweiligen Darstellung zu verschieben. Ich beginne mit der Beschreibung derjenigen Form, welche ich am eingehendsten kennen lernte.

Ochromonas granularis Dofl.

a) Körperbau.

Die Gattung *Ochromonas* ist in unseren Tümpeln und Teichen weit verbreitet; sie ist durch zahlreiche Arten vertreten. Die Art, die ich hier beschreiben will, trat in Infusionen in Stroh auf, doch ist es sehr wohl möglich, daß sie in diese Infusionen aus Kulturgläsern verschleppt wurde, die Wasser aus Schwarzwaldtümpeln enthielten. Ich fand sie später auch in solchen Gläsern, die frisch mit Schwarzwaldwasser gefüllt waren.

Je nach dem Charakter der Flüssigkeit, in welcher ich die Chrysomonaden züchtete, änderten diese ihre Größenverhältnisse, äußeres Aussehen, Menge der Stoffwechselprodukte und allgemeines Verhalten. Ich konnte die Art unter vielerlei verschiedenen Verhältnissen beobachten, da sie mir, sehr wider meinen Willen, manchmal in den Kulturen wuchs, welche ich zu Stoffwechselversuchen von einer anderen Mastigophorenart (*Polytomella agilis* Ar.) anlegte.

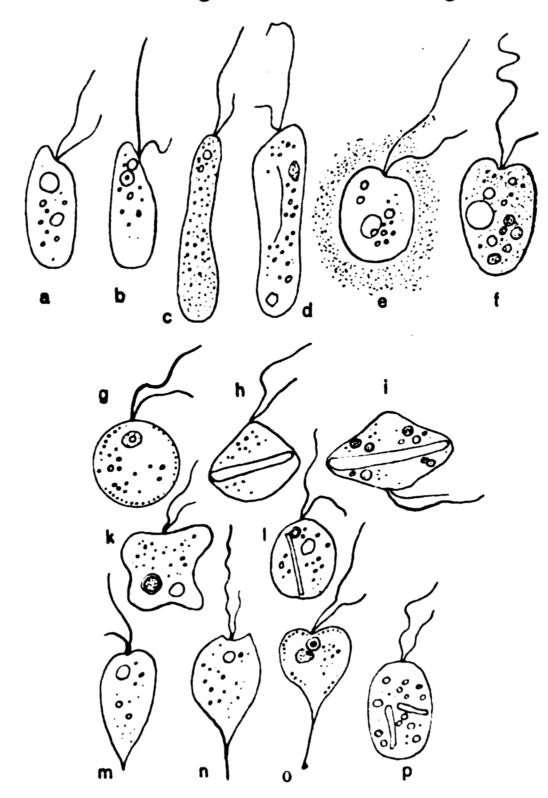
Ich will zuerst die Form schildern, welche ich in Wasser aus Tümpeln, alten Infusionen, Kulturen verschiedener Art fand.

Wie oft bei den *Ochromonas*-Arten ist der äußere Umriß von *O. granularis* sehr wechselnd. Wie bei anderen Ochromonaden sieht man bei unserer Art die Individuen bald lebhaft umherschwimmen, bald im freien Wasser still liegen, bald ruhen sie am Boden oder haften dort und an der Wand des Kulturgefäßes, an Algenfäden, Bakterienzoogloeen oder an der Oberfläche des Wassers.

Die charakteristischste Form haben freischwimmende Individuen, welche meist gestreckt-ovalen Umriß zeigen, drehrund und am Vorderende schief abgestutzt sind. In einer leichten Grube des Vorderendes entspringen die beiden ungleich langen Geißeln; solche Formen zeigt Textfig. A, a u. b und die Fig. 1 u. 2 der Taf. 6. Nicht selten sind langgestreckte Exemplare, welche meist schmäler als die erstbeschriebenen zu sein pflegen (Textfig. A, c u. d Taf. 6 Fig. 2).

Ruhende Ochromonaden sind in der Regel verglichen mit den freischwimmenden Exemplaren kürzer, manchmal selbst kuglich oder doch kurzoval (Textfig. A e–f u. g). Die an festen Gegenständen ansitzenden Individuen haben oft das Hinterende lang ausgezogen und sitzen mit einem dünnen stielartigen Fortsatz an Algenfäden u. dgl. (Textfig. A m, n, o und Taf. 6 Fig. 6, 7 und 13). Auch bei freischwimmenden Formen kann das Hinterende ausgezogen oder doch zugespitzt sein (Textfig. A m Taf. 6 Fig. 3 u. 4).

Aus diesen Schilderungen schon zeigt sich die große Formveränderlichkeit des Körpers dieser *Ochromonas*-Art. Sie ist geradezu amöboïd beweglich und kann z. B. beim Kriechen auf einer Unterlage Formveränderungen wie eine Amöbe zeigen (Textfig. A, k). So kann auch die Form des Körpers sehr stark durch große aufgenommene Nahrungskörper verändert werden. Textfig. A h u. i sowie die Fig. 11, 15 u. 25a der Taf. 6 zeigen charakteristische Beispiele davon.



Textfig. A. Verschiedene Formen von *Ochromonas granularis* Dofl. nach dem Leben gezeichnet.

Beim Vorgang der Nahrungsaufnahme selbst kann der Körper schon seine Umrisse sehr auffällig ändern. Wie bei anderen Chrysomonadinen und bei vielen Zoomastiginen erfolgt bei *Ochromonas granularis* die Aufnahme geformter Nahrung durch eine sog. Aufnahmevakuole. Die Bildung einer Aufnahmevakuole erfolgt sehr rasch und ist in den Einzelheiten daher schwer zu beobachten. Meist seitlich von der Geißelgrube bildet sich unter heftigem Geißel-

schlagen eine kleine, klare Blase (Taf. 6 Fig. 9). Diese wächst heran und wenn der Beutegegenstand durch Geißelschlag an die Wand der Blase gerät, so wird er sehr rasch in das Innere gezogen. Man hat den Eindruck als wirkten bei dem Vorgang Adhäsionskräfte mit. In der Wand der Blase konnte ich die Fremdkörper nie beobachten; nach kürzester Zeit schwebten sie schon im Inneren der Vakuole. So sah ich vor allem die Aufnahme von Bakterien, Kokken und Spirillen erfolgen (Taf. 6 Fig. 34, Fig. 13, 18, 19 u. 20). Auffallend ist bei unserer Art die beträchtliche Größe der Aufnahmevakuolen, selbst wenn sie sich um sehr kleine Gegenstände bilden (Taf. 6 Fig. 7 und Fig. 13). Bei der Bildung solch großer Vakuolen zeigt sich sehr deutlich die starke amöboïde Veränderlichkeit des Körpers von *Ochromonas granularis* (Taf. 6 Fig. 13, 19 u. 20). Ja manchmal hebt sich die Aufnahmevakuole in Gestalt eines Ballons an einem dünnen Stiel vollkommen von der Oberfläche des Körpers oder eines weit ausgestreckten Pseudopodiums der Chrysomonadine ab (Taf. 6 Fig. 18). Die Chrysomonadinen scheinen mir sehr günstige Objekte zu sein, um an ihnen die noch nicht verstandene Mechanik der Nahrungserbeutung durch Aufnahmevakuolen zu studieren.

Mir scheint vorläufig zur Erklärung folgendes wesentlich zu sein. Die Dünnheit der Wand der Aufnahmevakuole ist sicher kein Zufall. Sie ist durch die Beschaffenheit des Protoplasmas bedingt. Die relativ große Blase ragt weit über den Umriß des Körpers hervor, ist also sehr geeignet beim Heranstrudeln von Bakterien u. dgl. mit den Geißeln, von solchen getroffen zu werden. Diese Nahrungskörper scheinen mir dabei durch die dünne schlüpfrige Wand der Vakuole direkt hindurchzuschlüpfen. Durch solche kolloidal flüssige Wände können feste und zähflüssige Gebilde ohne Schwierigkeit durchgepreßt werden, ohne daß eine Öffnung entsteht. So erklärt sich die Schnelligkeit des Vorgangs und die Beobachtung, daß gleich nach der Aufnahme das Objekt in der Vakuolenflüssigkeit mitten drin schwimmt. Die Vakuole behält ihren Umriß und ihre Spannung. Es scheint mir überhaupt, daß man zur Erklärung mancher cytologischer Vorgänge mit dem Durchwandern von geformten Gebilden durch kolloidale Membranen rechnen muß. Oft findet man in Untersuchungen bemerkt, daß eine Durchwanderung von Substanzen z. B. durch eine Kernmembran ausgeschlossen sei, wenn nicht Diffusion in gelöstem Zustand möglich wäre. Bedenken wir, daß eine kolloidale Membran dauernd oder zeitweise flüssig sein kann, so können wir ohne weiteres mit einem Durchwandern z. B. von chromatischer Substanz oder dergleichen in unverändertem Zustand rechnen.

Die außerordentliche Zartheit der Oberflächenschicht des Ektoplasmas bei *O. granularis* ist vor allem bei der Aufnahme von längeren Bakterien- oder Oscillarienfäden zu beobachten. Diese erfolgt in einer Weise, welche sehr an die von Rhumbler bei Amöben als Import beschriebene Methode erinnert. Ohne merkliche Bewegungen des Protoplasmakörpers gleitet der Faden in diesen hinein, wobei das Plasma sich oft in ganz dünner Schicht über jenen legt (Fig. 11, 15, 25 a), ja dieser manchmal wieder nackt aus dem Körper der Chrysomonadine herausreicht.

Die Aufnahmevakuolen sind oft im Verhältnis zu den aufgenommenen Körpern erstaunlich groß, vgl. Fig. 7, 10, 12, 14, 34. Bei der Aufnahme fadenförmiger Gebilde durch Import wird zunächst gar keine Vakuole gebildet. Eine solche tritt erst allmählich auf, wenn die Abtötungs- und Verdauungssäfte ausgeschieden werden. Daß solche ähnlich wie bei den Amöben tatsächlich erzeugt werden, dafür liegen mir Beobachtungen an dieser wie an anderen Arten von Chrysomonadinen vor.

Nicht selten kommt auch ein aktives Kriechen über und um einen Bakterienfaden von größerer Länge oder bei langgestreckten Diatomeen vor. Das beobachtete ich aber mehr bei anderen Chrysomonadinen, so besonders einer *Chromulina*-Art.

Die amöboide Körperveränderlichkeit dient *O. granularis* auch manchmal zur Ortsveränderung. Auch das ist bei ihr weniger stark ausgeprägt als bei verwandten Arten.

Ihre Bewegung ist sonst meist ein ziemlich rasches Schwimmen, welches ohne Drehung des Körpers stattfindet. In der Regel geschieht es in der oben geschilderten, scharf umrissenen, länglich ovalen Form. Der Organismus sieht dann relativ gedrungen aus.

Die längere der beiden für die Gattung eigentümlichen Geißeln ist beim Vorwärtsschwimmen meist in ihrem unteren Teil gerade gestreckt, im distalen Teil in heftiger, peitschenförmiger Bewegung. Viel unruhiger ist die zweite kleinere Geißel, welche mit ihrer ganzen Länge an stark wirbelnden Bewegungen beteiligt ist. Auch Geißel und Geißelbewegung habe ich an anderen, größeren Arten genauer untersuchen können, als an *Ochromonas granularis*. Immerhin kann ich auch für sie feststellen, daß ihre Geißeln bandförmig sind, stumpfe, breite Enden haben und in einem Basalapparat wurzeln, den wir unten bei Schilderung der konservierten und gefärbten Organismen beschreiben werden.

Bei Reizen werden wie bei anderen Chrysomonadinen die Geißeln sehr leicht ganz abgeworfen. Sie krümmen sich dann noch eine Zeit-

lang weiter, werden nach einiger Zeit starr und zerfallen in Tropfen, nachdem vorher Schwellungen und Verdünnungen einzelner Regionen erfolgt sind.

Ein Stigma fehlt *Ochromonas granularis* Dofl.

Am Vorderende, neben dem Kern, liegt die kontraktile Vakuole. Ich beobachtete bei einer Wassertemperatur von 20° C Pulsation mit Intervallen von 6 Sekunden. Die Dimensionen von *Ochromonas granularis* sind außerordentlich wechselnd; je nach der Menge und Füllung der Vakuolen, nach der Masse von Fett und Leukosin, nach den in Nahrungsvakuolen aufgenommenen Nahrungskörpern kann die Körpergröße große Gegensätze zeigen. Kleine Individuen haben durchschnittlich Längen von 5—7 μ, größere erreichen 9—12 μ. Vor der Teilung wurde in beobachteten Fällen eine Länge von 6—10 μ, eine Breite von 15—18 μ erreicht. — Bei einem Individuum von 9 μ Längsdurchmesser maß ich ebenfalls 9 μ als Länge der großen Geißel. Längliche, freischwimmende Individuen messen nicht selten 9 μ Länge bei 5 μ Breite. Rundliche große Exemplare können manchmal Maße von 12 : 12 μ erreichen.

b) Ernährung und Ernährungsorgane.

Wir haben oben schon beschrieben, daß *Ochromonas granularis* imstande ist, sich tierisch durch geformte Nahrung zu ernähren. Das ist für Chrysomonadinen im allgemeinen, und für die Gattung *Ochromonas* selbst längst bekannt. Klebs, Scherffel, Pascher, Hofeneder u. a. haben darüber schon zahlreiche Angaben gemacht. Über die tierische Ernährung speziell der *Ochromonas granularis* kann ich meinen obigen Angaben noch folgendes hinzufügen. Die Art nimmt ziemlich wahllos alle möglichen in dem sie umgebenden Wasser vorkommenden Organismen auf. Vor allem werden oft Bakterien, und zwar sowohl Coccen, als Bacillen und Spirillen gefressen. Nicht selten sieht man ganze Klumpen von Bakterien mit zugehöriger Gallerte in den Nahrungsvakuolen von *Ochromonas.* Sehr oft werden fadenförmige Bakterien, Pilzfäden, Oscillarien aufgenommen. Auch kleine grüne Flagellaten, wie Schwärmer von Chlamydomonaden, auch solche von Algen werden gefressen. Schließlich beobachtete ich auch die Erbeutung von kleinen Rhizopoden und Zoomastiginen. Kannibalismus kommt bei ihr, wie bei anderen *Ochromonas*-Arten nicht selten vor.

Die Verdauung in den Nahrungsvakuolen geht ziemlich rasch vor sich. Bakterienklumpen sind nach etwa 1 Stunde vollständig verschwunden.

Neben der tierischen Ernährung verläuft die pflanzliche bei *Ochromonas granularis* ungestört weiter. Sie wird vermittelt durch das typisch gebaute Chromatophor. Es ist nur ein solches normalerweise vorhanden. Vielfach wird in der Literatur für Chrysomonadinen der Besitz von zwei Chromatophoren angegeben. Ich konnte bei einer Reihe von Arten, für welche dies behauptet wird, nachweisen, daß normalerweise nur eines vorhanden ist. Allerdings ist dieser Nachweis nicht immer ganz leicht. Die blattförmigen, dünnen Chromatophoren der Chrysomonadinen sind nämlich meist in so eigenartiger Weise gefaltet, daß sie oft das Vorkommen von mehreren Chromatophoren vortäuschen. Oft ist es auch durch die verschiedenen Inhaltskörper des Plasmas verhindert, daß man in der lebenden Chrysomonadine die ganzen Umrisse des Chromatophors genau verfolgen kann. Dann ist es aber im gut konservierten und gefärbten Präparat fast immer möglich, sich Klarheit zu verschaffen.

Das Chromatophor von *Ochromonas granularis* ist ganz dünn, blattartig geformt und zeigt an beiden Seiten umgeschlagene Ränder. So nimmt das Chromatophor eine ungefähr muldenförmige Gestalt an. Ober- und Unterrand verlaufen meist schief zur Längsachse des Körpers, während die seitlichen Umschlagsränder dieser meist annähernd parallel liegen. Das Chromatophor ist lebhaft goldgelb gefärbt. Doch werden wir später sehen, daß der Ton der Farbe je nach der Ernährungsweise stark schwanken kann. An den Umschlagsstellen des Chromatophors ist die Farbe sehr viel dunkler, oft ausgesprochen grün (Taf. 6 Fig. 1—5). Das ist besonders bei Ochromonasexemplaren der Fall, welche sich hauptsächlich pflanzlich ernähren und im Wasser leben, das arm an organischen Substanzen ist. Bei Exemplaren mit reichlich tierischer Ernährung ist auch der umgeschlagene Rand rein gelb gefärbt, wie denn bei solchen Exemplaren die Chromatophorenfarbe ausgesprochen gelb ist (Taf. 6 Fig. 8 bis 16). Wir werden weiter unten sehen, daß sie noch weitergehende Veränderungen erfahren kann. Die Farbe der Chromatophoren geht auch bei dieser Art beim Absterben und bei Zusatz von Alkohol in ein reines Chlorophyllgrün über.

Nicht selten, aber im Verhältnis zur Gesamtzahl der untersuchten Exemplare nur bei einer kleinen Zahl, findet man zwei Chromatophoren. In manchen Fällen läßt sich diese Verdoppelung deutlich als Vorläufer eines Teilungsvorganges erkennen (Fig. 26). Manchmal handelt es sich um die Folgeerscheinung einer wenigstens vorläufig rückgängig gemachten Teilung. Es sind dann die beiden Chromatophoren besonders klein (Taf. 6 Fig. 3, 15, 25, 34). In Kulturen

mit besonderen Ernährungsverhältnissen kommen oft Individuen mit 2 oder mehr wohl ausgebildeten Chromatophoren von voller Größe vor. Das ist wohl eine Folge sehr starker Ernährung.

In Kulturen in gewöhnlichem Tümpel- oder Brunnenwasser treten die Stoffwechselprodukte der Chrysomonadinen in mäßigen Mengen auf. Meist ist das Plasma reichlich von kleinen Fetttröpfchen erfüllt. Sie sind vor allem in der Nachbarschaft der Chromatophoren angehäuft. Sie lassen sich schon am lebenden Organismus erkennen als stark lichtbrechende, glänzende Tropfen (Taf. 6 Fig. 1—5). Sie sind im ganzen Körper in feiner Verteilung vorhanden; außer in der Nachbarschaft der Chromatophoren sind sie auch an den Körperrändern dichter angeordnet (Taf. 6 Fig. 6, 21, 22). Mit Osmiumsäure lassen sie sich leicht darstellen als grünlich schwarzgefärbte Kügelchen (Taf. 7 Fig. 67—69). Sie haben meist einen Durchmesser von weniger als 1 μ, erreichen aber einen solchen von 6 zu 6 μ. Im osmiumgeschwärzten Präparat treten die einzelnen Ochromonasindividuen bei schwacher Vergrößerung im mikroskopischen Bild als schwarze Tupfen hervor. So sehr sind sie vielfach mit Fett erfüllt. Manche der Fettklumpen müssen eine festere Konsistenz haben, da sie nicht immer kugelförmig sind, sondern manchmal unregelmäßige polygonale Umrisse zeigen (Fig. 67 u. 69).

Bei mit Formalin konservierten Individuen läßt sich das Fett sehr gut mit Sudan III nachweisen. Es gibt einen Hinweis auf den Ort der Entstehung des Fetts, daß die Chromatophoren sich in ihrer ganzen Ausdehnung mit Sudan lebhaft rotgelb färben (Taf. 7 Fig. 63 u. 64). Auch bei Osmiumfixierung treten sie sehr deutlich hervor. Im Sudanpräparat erscheint auch das Plasma des ganzen Körpers von größeren und ganz feinen Fetttröpfchen erfüllt. Fett ist also sicher ein hauptsächliches Stoffwechselprodukt bei *Ochromonas granularis*. Wir werden später sehen, daß es sogar aus dem Körper austreten und am Orte des Vorkommens der Arten eigentümliche Erscheinungen erzeugen kann.

Das zweite wichtige Stoffwechselprodukt der Chrysomonadinen, das Leucosin, tritt bei *Ochromonas granularis* oft in großer Menge und in charakteristischer Form auf. Klebs hat wohl unzweifelhaft mit Recht das Leucosin für ein Stoffwechselprodukt der Chrysomonadinen erklärt. Seit seinen Untersuchungen ist nichts wesentlich Neues über die Natur dieser Substanz bekannt geworden.

Auch meine Versuche, besondere Reaktionen der Substanz zu finden, hatten bisher keinen endgültigen Erfolg. Das Problem verdient weitere Verfolgung. Untersuchung mit polarisiertem Licht, die

auch zur eingehenderen Erforschung des Fetts angewandt wurde, scheint dabei wichtig zu sein.

Bei Zusatz von Jod tritt das Leucosin eigenartig milchweiß, von dem übrigen gelbgefärbten Inhalt des Protoplasmas sich abhebend hervor, sieht dann sogar durch Kontrastwirkung bläulich aus.

Leucosin war als wichtiges Stoffwechselprodukt bei starker Ernährung besonders reichlich entwickelt. Es trat dann entweder in großen Mengen kleiner und kleinster Tropfen auf oder, was die regelmäßige Erscheinungsform war, in einzelnen großen Gebilden, welche dann selten mehr Tropfenform besaßen, sondern meist ovoide und manchmal polygonale Gestalten annahmen, welche auf zähflüssige Beschaffenheit hinwiesen. Die Leucosinmassen zeigten eine sehr starke Lichtbrechung und waren im mikroskopischen Bild auffallend scharf und dunkel umrandet.

Ein weiteres Stoffwechselprodukt bei *Ochromonas granularis* ist Volutin, welches ich bei diesem Organismus mit denselben Methoden, wie bei vielen anderen Protisten, nachweisen konnte. In Individuen aus gewöhnlichen Kulturen fanden sich in der Regel 1—2 große Volutinbrocken.

Die kontraktile Vakuole liegt am Vorderende, vor dem Chromatophor; ihre Lage zu diesem und zu der Geißelbasis ist verschieden. Sie kann den Ort um einen gewissen Betrag wechseln und kann durch Nahrungskörper oft ziemlich stark verdrängt werden. So üben vor allen große Leucosinkörper oft einen starken Einfluß auf sie aus.

In gewöhnlichen Kulturen in dem gewohnten, von draußen aus den Fundtümpeln mitgebrachten Wasser bei 20° C verlaufen 6" zwischen 2 Kontraktionen. Beschleunigung und Verlangsamung der Kontraktionsfrequenz folgt den bekannten Gesetzmäßigkeiten.

In den verschiedenen Kulturen, in denen ich *Ochromonas granularis* züchtete, besonders in den Zuckerkulturen, erfolgte eine oft sehr beträchtliche Verlangsamung der Pulsation. So konnte die Frequenz in Zuckerlösungen, in denen die *Ochromonas* sehr gut gediehen und sich fortpflanzten, bis auf eine Pulsation in 22 bis 55" zurückgehen.

Über diese Kulturen kann ich folgendes berichten.

c) Verhalten in verschiedenen Kulturflüssigkeiten.

Auf die Untersuchungen über das Gedeihen in verschiedenen Nährlösungen war ich gedrängt worden bei meinen Untersuchungen über das Leucosin. Sie wurden mir erleichtert dadurch, daß

Ochromonas granularis in meinen Kulturen von *Polytomella agilis* spontan mitwuchs und da zwar zur Verunreinigung mancher Kulturen beitrug, aber doch gelegentliche Beobachtungen über Stoffwechselerscheinungen bei meiner Chrysomonadine erlaubten. Es zeigten sich dabei manche Vorgänge, die mir bemerkenswert schienen.

Leider gingen mir meine Aufzeichnungen über diese Beobachtungen zum großen Teil verloren. Als ich mitten in den Untersuchungen stand, die morphologischen Resultate abgeschlossen und die physiologischen Probleme erst angepackt hatte, bekam ich von dem Oberkommando der mazedonischen Armee das Angebot, zu wissenschaftlichen Forschungen auf den Balkan zu gehen. Das ergriff ich mit großer Freude und hatte mich in kurzer Zeit reisefertig zu machen.

Ich brach meine Untersuchungen ab und leider gingen mir während des Aufenthaltes in Mazedonien meine Aufzeichnungen über den größten Teil der physiologischen Untersuchungen verloren.

Meine Abreise erfolgte im Mai 1917 und die starken Eindrücke des Jahres 1917 und 1918, meine Berufung nach Breslau im August 1918 und meine Übersiedlung dorthin während der Revolutionswochen des Jahres 1918 wirkten so auf mich ein, daß viele der gefundenen Tatsachen mir nicht fest genug im Gedächtnis haften blieben, um zu einer zusammenfassenden Darstellung auszureichen.

So will ich nur eine kurze Skizze der erzielten Resultate geben, in der Hoffnung, daß es mir gelingt, früher oder später das geeignete Material zu neuen Untersuchungen zu züchten und damit meine Angaben zu ergänzen.

Es hatte nahe gelegen, während meiner Untersuchungen an *Polytomella*, die in meinen Kulturen aufgetretenen Chrysomonadinen in ähnlichen Lösungen wie jene zu züchten. Es gelang dies damals ohne weiteres bei der einen Form, *Ochromonas granularis* Dofl. Bei anderen Arten von *Ochromonas* mißlangen damals meine Versuche, wie bei Arten von *Chromulina* und anderen Formen.

Ochromonas granularis scheint in der Lebensweise einer Form zu gleichen, welche unter ähnlichen Bedingungen von einem früheren Untersucher schon einmal gezüchtet worden ist. Es ist die von Hans Meyer im Institut von Klebs in Basel 1896 ausgeführte Untersuchung von *Ochromonas granulosa* H. M., bei welcher Gelegenheit diese Form beschrieben wurde. Bei dieser und *O. variabilis* H. M. gelang Züchtung in verschiedenen Nährlösungen, wobei sich interessante Resultate ergaben. Genaue Tabellen hat allerdings H. Meyer nicht gegeben.

Ich möchte gleich hervorheben, daß meine *Ochromonas granularis* von *O. granulosa* H. M. sich zunächst durch den Mangel eines Stigmas unterscheidet. Die Dimensionen kann man zur Unterscheidung nicht heranziehen, da sie ganz außerordentlich schwankend sind. Auch sind bei meiner Art die Chromatophoren erheblich größer. Ferner im allgemeinen Aussehen unterschieden sich beide Formen. Besonderes Gewicht möchte ich auf das Fehlen des Stigmas legen. Aber ich muß zugeben, daß sich sonst im allgemeinen die beiden Formen sehr ähnlich sind. In den physiologischen Reaktionen zeigen sie zahlreiche Übereinstimmungen.

Ich entschloß mich aber doch, meiner Form einen neuen Namen zu geben, da bei der ungenügenden Festlegung der Meyer'schen Art sonst leicht Verwirrung entstehen könnte. Ich glaube durch meine genaue Beschreibung, die Schilderung der cytologischen Verhältnisse und durch die Angaben über Aussehen und Bau der Cyste meine Art definitiv festgelegt zu haben, so daß sie von anderen Arten sicher wird unterschieden werden können.

Die Untersuchungen Meyer's an *O. granulosa* führten zu ähnlichen Ergebnissen, wie ich sie bei meiner Form erzielte. Meine geretteten Notizen reichen aus, um die wesentlichen Übereinstimmungen festzustellen. Meyer züchtete seine Form in reinem Wasser, in einer Nährlösung (ob Knop'scher Lösung? er gibt keine genaue Angabe), dann in Peptonlösung, Kartoffelaufschwemmung und schließlich in einer Anzahl von Zuckerlösungen, von denen er Traubenzucker, Rohrzucker und Maltose angibt.

Die wesentlichen Ergebnisse seiner Züchtungen sind folgende: In anorganischen Lösungen sind die Chromatophoren dunkler, wobei der Einfluß des Lichtes auf die Färbung offenbar nebensächlich ist. Bei starker tierischer Ernährung und vor allem in den Zuckerlösungen tritt die holophytische Ernährung stark zurück. Dabei werden die Chromatophoren immer blasser. Also es läßt sich mit dem Zurücktreten der rein pflanzlichen Ernährung auch eine Rückbildung ihrer Organe feststellen.

Dabei sind Meyer's Beobachtungen an dem Stoffwechselprodukt Leucosin besonders bemerkenswert. Er stellte fest, daß die Leucosinbildung durch Stickstoffmangel in keiner Weise gehemmt wird; dagegen wird sie durch die Kohlenhydrate sehr gefördert. Er schließt daraus auf die Kohlehydratnatur des Leucosins und lehnt die Deutung von Klebs als eine Art Eiweiß ab. Er findet ferner, daß das Licht auf die Leucosinproduktion einen minimalen Einfluß hat und schließt daraus, daß dessen Bildung

hauptsächlich auf die saprophytische Ernährung aus den organischen Bestandteilen der Nährlösungen zurückzuführen sei. Er stellt fest, daß in solchen Lösungen das Leucosin sich ebenso im Dunkeln wie im Licht bildet.

Ganz ähnliche Beobachtungen machte Meyer bei einer zweiten *Ochromonas*-Art, welche er *O. variabilis* nennt. Bei dieser stellte er eine noch stärkere Beeinflußbarkeit der Färbung der Chromatophoren durch Licht und Nährlösungen fest und fand hier ein starkes Überwiegen der holophytischen Ernährung.

Vergleiche ich das, was sich aus meinen geretteten Notizen noch feststellen läßt, so finde ich in ihnen nicht nur eine Bestätigung der Beobachtungen Meyer's, sondern auch eine Anzahl Angaben, welche ein gut Stück diese ergänzen dürften.

Zunächst konnte ich auch bei *Ochromonas granularis* feststellen, daß im Moorwasser die Individuen viel dunklergrüne Chromatophoren enthielten als in den Zuckerlösungen; d. h. stets waren nur die Umschlagränder grün. Die Fig. 1—5 der Taf. 6 zeigen solche Individuen. Eine ähnliche Wirkung zeigte sich in Knopscher Nährlösung. In solcher wuchsen die Ochromonaden stark heran. Das war in noch stärkerem Maße der Fall, wenn ich sie in Kulturen züchtete, welche zu letzterer noch einen kleinen Zusatz von Pepton (Liebig's Fleischextrakt) enthielten. In solchen sehr großen Individuen, die relativ große Leucosinkugeln und reichlich Fetttröpfchen enthielten, waren auch die Chromatophoren selbst auffallend stark vergrößert (vgl. Fig. 41 u. 42). Solche Individuen zeigten auch eine gesteigerte Neigung, Nahrungskörper nach tierischer Art durch Aufnahmevakuolen einzuführen (Fig. 41). Wie reichlich Fett bei Individuen aus solchen Kulturen als typisches Stoffwechselprodukt entstehen kann, zeigt Fig. 65, welche ein Individuum aus einer Knop-Liebig-Kultur bei Färbung mit Sudan III darstellt.

In diesen besonders großen Individuen kam es nicht selten zur Vermehrung der Chromatophoren, ohne daß dieser sofort eine Körperteilung folgte oder sie, wie es sonst typisch ist, begleitete. Die Fig. 40, 43 u. 44 zeigen solche Formen mit großen, dunkeln Chromatophoren in Zweizahl in ihrem recht großen Körper.

Ganz enormes Wachstum zeigte sich aber in allen Zuckerlösungen. Wie ich schon oben erwähnte, wuchs *Ochromonas granularis* meist in denselben Zuckerlösungen, in denen ich *Polytomella* züchtete. Meine meisten Notizen über spezifisches Verhalten, also Vermehrungsrhythmus, Anhäufung von Reservestoffen wie Leucosin und Fett bei Einwirkung der einzelnen Zuckerarten, sind

mir verloren gegangen. Immerhin kann ich den mir erhaltenen Notizen und den Bemerkungen auf meinen insgesamt erhaltenen Zeichnungen entnehmen, daß alle Zuckerarten die Vermehrung der Flagellaten und die Anhäufung von Fett und Leucosin in ihnen beförderten. Leider fehlen mir die Beobachtungen über das Volutin.

Wie die Polytomellen vermochten offenbar die Ochromonaden sowohl Monosen wie Polyosen auszunützen, auch Glycerin wurde offenbar aufgenommen und wirkte fördernd ein. Überhaupt waren die Alkohole, so mit Glycerin vor allem Mannit und Erythrit, offenbar für die Ochromonaden ganz besonders gut ausnützbar. In meinen erhaltenen Notizen findet sich die Bemerkung „wächst sehr gut in Mannit und Erythrit".

Ebenso wurden die in freier Natur als Lösungen aus höheren Pflanzen in Tümpeln vorkommenden Tetrosen Xylose und Arabinose aufgenommen und zeigten deutliche Einflüsse. In Lösung von Xylose war das Wachstum nicht übermäßig stark. Die Individuen erreichten nur eine Größe von 5—7,5 μ. Auffällig war die sehr schön dunkel-grüngelbe Färbung der Chromatophoren und das Auftreten von 2, 4, selbst 6 Chromatophoren in einer auffallend großen Zahl von Individuen. Vor allem aber wuchsen in Lösungen von Traubenzucker und Rohrzucker die Ochromonaden geradezu exzessiv. Es bildete sich in wenig Tagen ein Brei von ihnen in den Kulturgefäßen. Zersetzungen führten dann natürlich mit der Zeit zu einem Aussterben dieser Massenzuchten.

In den Trauben- und vor allem in den Rohrzuckerlösungen waren die Dimensionen der Individuen auffallend groß. So erreichten ruhende, abgekugelte Exemplare durchschnittlich einen Durchmesser von 6—7,5 μ, während die beweglichen Schwimmformen 10,5—14 μ lang sein konnten, bei einer Breite von 4,5—5 μ. Im Anfang der Kultur waren die Chromatophoren ausgesprochen gelb, um später blasser und kleiner zu werden. Bemerkenswert war in den Zuckerkulturen die Verlangsamung der Frequenz der kontraktilen Vakuole. Während sie im reinen Wasser alle 6 Sekunden sich kontrahierte, erfolgte dies in Zuckerlösungen nur alle 22—25 Sekunden.

Aus Traubenzuckerkulturen stammen die Individuen, welche in den Fig. 45—50 dargestellt sind. Die großen in ihnen abgebildeten Klumpen sind Leucosin. Die Gestalten dieser Anhäufungen in Fig. 46 u. 47 zeigen, daß diese Substanz gelegentlich in sehr zähflüssiger Form auftritt. Die Fig. 56—61 stammen ebenfalls aus Traubenzuckerkulturen. Man sieht in ihnen ein allmähliches Anwachsen der Leucosinmassen. Fig. 56—59 stammten

aus einer frisch angesetzten Kultur, Fig. 60 u. 61 aus derselben um einiges später. Nicht minder gewaltig war die Leucosinzunahme in den Rohrzuckerkulturen: die Fig. 51—55 zeigen Beispiele hiervon.

Hand in Hand mit der Leucosinmehrung ging meist auch die Zunahme des Fettes in den verschiedenen Zuckerlösungen. Es waren oft neben kleinen und kleinsten Tröpfchen ($^1/_4$—$^1/_2$ μ) sehr große Fettmengen in Tropfen und Klumpen von großem Durchmesser angehäuft (2—4 μ). In den Traubenzuckerindividuen der Fig. 45—50 sind die meisten im Plasma eingezeichneten Ringe Fetttropfen; das beweisen die Fig. 67—69, in denen das Fett durch Osmium geschwärzt ist. Auch aus Traubenzuckerkulturen stammen die Fig. 62, 64 u. 66, welche große Fettmengen in Sudan III-Färbung zeigen. Fig. 63 zeigt ein Individuum, welches aus einer Kultur stammt, welche statt mit Brunnenwasser mit Infusionsflüssigkeit aus einer abgekochten und filtrierten Strohinfusion angesetzt war; stets zeigte sich in solchen Kulturen ein besseres Wachstum der Organismen als in den mit reinem Wasser angesetzten. Ich finde in meinen Notizen die Bemerkung, daß in den Traubenzuckerkulturen die Fettanhäufung in den Individuen oft so beträchtlich war, daß sie nach Osmiumfixierung bei schwacher Vergrößerung im Gesichtsfeld wie schwarze Tupfen aussahen.

Die Fig. 63 u. 64 sind übrigens auch geeignet, die Anhäufung von mit Sudan gefärbtem Fett in den Chromatophoren zu zeigen. In den Fig. 51—55 zeigen auch die in Rohrzuckerlösungen gezüchteten Ochromonaden in den Ringen um die großen Leucosinmassen eine sehr reiche Fettanhäufung. Einzelne Notizen weisen darauf hin, daß die Rohrzuckerkulturen besonders reich an sehr großen Individuen waren, die 9—12 μ in der Länge maßen, oft durch eine oder zwei große Vakuolen im Innern fast zu einer dünnen Schicht ausgedehnt waren, so daß ihr Plasma im optischen Schnitt wie ein Ring aussah.

Wie gewaltig Fett und Leucosin sich in Individuen aus Zuckerkulturen anhäufen konnten, davon geben die Fig. 70, 71 u. 72 charakteristische Beispiele. Hier sind die Leucosinballen so mächtig entwickelt, daß sie das von Fetttröpfchen dicht erfüllte Plasma ganz zur Seite drängen. In Fig. 71 ist letzteres zu einem schmalen Strang zwischen den drei enormen Leucosinmassen zusammengepreßt. In Fig. 72 bildet das Plasma nur einen zum Teil fast unsichtbar dünnen Überzug über die große Leucosinkugel.

Aus diesen Beobachtungen möchte ich ähnliche Schlüsse ziehen, wie H. Meyer. Vor allem bin ich geneigt, wie er, das Leucosin

für eine den Kohlehydraten nahestehende Substanz zu halten. Ich bin sogar geneigt, es mit den Zuckern in nahe Verbindung zu bringen, aus denen es wohl durch einen relativ einfachen Prozeß sich aufbaut. Vor allem seine Massenanhäufung vor der Cystenbildung scheint mir darauf hinzudeuten, daß es kein Stoffwechselprodukt typisch pflanzlicher Assimilation ist. Auch das Auftreten in Individuen mit sehr kleinen oder ganz verschwundenen Chromatophoren weist auf das gleiche hin. Die nahen Beziehungen des Fettes zu den Chromatophoren, dessen Lagerung an ihnen, zeigen, daß es das eigentliche Stoffwechselprodukt der Chrysomonadinen ist, was ja von jeher angenommen wird. Auffallend ist die Schwärzung der Chromatophoren bei mit Osmium fixierten Ochromonaden und ebenso die stets nach einiger Zeit eintretende Rotfärbung bei Behandlung mit Sudan III. Auf die gewaltige Anhäufung von Leucosin und Fett in den Cysten der Chrysomonadinen weist Fig. 76a hin, welche eine mit Leucosin und Fett geradezu vollgepfropfte noch nicht ganz fertige Cyste von *Ochromonas granularis* abbildet.

Wir sind in den letzten Sätzen auf die Umwandlungen zu sprechen gekommen, welche die Chromatophoren der *Ochromonas* bei der Zucht in Zuckerlösungen erfahren. Die Abbildungen Fig. 45—47, 51—54, 60 u. 61 zeigen die erhebliche Verkleinerung der Chromatophoren in Trauben- und Rohrzuckerkulturen. Vor allem tritt das auffallend in die Augen, wenn man sie mit den Chromatophoren von Individuen aus zuckerlosen Kulturen vergleicht, wie die Fig. 40 bis 44 sie zeigen.

Ich kann die Angaben H. Meyer's über die Verkleinerung und das Hellerwerden der Chromatophoren in den Zuckerkulturen durchaus bestätigen. Ja in manchen Fällen konnte ich sogar keine Spuren mehr von solchen in den *Ochromonas*-Körpern nachweisen. Die Fig. 70, 71 u. 72 zeigen das von lebenden Organismen, Fig. 67—69 von konservierten. Ich betone, daß in den Abbildungen jeweils alles, was zu sehen war, hineingezeichnet wurde; nichts wurde absichtlich, etwa im Interesse einer größeren Übersichtlichkeit, weggelassen. Das gilt auch für die Abbildungen der Kerne und Kernteilungen, die meist nach Präparaten aus Zuckerkulturen angefertigt wurden und in denen in keinem Fall ein Chromatophor sichtbar ist.

Wir kommen damit zu einer außerordentlich wichtigen Frage. Wenn Chromatophoren klein und farblos unter Stoffwechselwirkungen werden können, ist es dann denkbar, daß sie auch vollkommen unter solchen Einflüssen verschwinden können? Sollten wir da auf eine

Lösung des Problems der Entstehung farbloser Flagellaten aus chromatophorenbesitzenden stoßen?

Ist es denn überhaupt wahrscheinlich, daß die Natur einen solchen Weg gegangen ist? Wir kennen viele Protisten, die in Parallelformen auftreten, von denen die eine sich pflanzlich, die andere sich tierisch oder saprosmisch ernährt. Soll die letztere aus ersterer oder letztere aus jener entstanden sein?

Ich werde in einer weiteren Abhandlung dieser Serien farblose Flagellaten zu beschreiben haben, welche zu den Chrysomonadinen gehören. Es sind Formen, die mit aller Sicherheit als Angehörige der Gattungen *Chromulina* und *Ochromonas* zu erkennen sind, welche die Chromatophoren verloren haben. Hierher sind die Angehörigen der farblosen Flagellatengattungen *Oicomonas* und *Monas* zu rechnen. Zu solchen Annahmen war schon Scherffel gelangt.

Offenbar hat G. Ternetz sich die Vorstellung gebildet, daß bei den Eugleniden durch ein solches Verschwinden der Chromatophoren die farblosen Formen entstanden sind. Auch Klebs hat eine solche Meinung gehegt. Wir wissen, daß die Chromatophoren bei Lichtmangel zu Leucoplasten werden; wir kennen auch in *Polytomella*, *Chilomonas* und anderen Flagellaten, welche ohne Leucoplasten zu besitzen noch Stärke zu bilden vermögen. So liegt natürlich bei solchen Formen die Möglichkeit vor, daß sie durch Verlust der Chromatophoren diese Veränderung erfahren haben. Aber der Weg, auf dem dies vor sich gegangen ist, ist noch unbekannt.

Bei *Rhizochrysis* habe ich selbst den Verlust des Chromatophors bei der Teilung beschrieben. Dort konnte ich feststellen, daß bei der Körperteilung dieser rein rhizopodialen Chrysomonadinen gelegentlich das Chromatophor ungeteilt blieb und nur auf einen der Sprößlinge des Teilungsvorganges vererbt wurde, während der andere chromatophorenlos blieb. Ich konnte sogar die Bildung einer zweiten Generation von chromatophorenlosen *Rhizochrysis* beobachten, welche also damit von ihrer gemischt pflanzlich-tierischen Ernährung zu rein tierischer übergegangen war und damit wirklich eine Pflanze im Moment der Tierwerdung darstellt. Hier war also die chromatophorenlose Form durch Teilungshemmung entstanden.

Nun konnte ich gerade bei *Ochromonas granularis* einen ganz ähnlichen Vorgang beobachten. Abends zwischen 6 und 7 Uhr im Juli 1916 fand ich ein Exemplar dieser Art in Teilung, die durch die nicht erfolgte Teilung des Chromatophors außerordentlich erschwert war. Fast eine Stunde lang dauerte der Teilungskampf

der beiden Sprößlinge. Dabei entfalteten sie beide eine ganz erstaunliche amöboide Beweglichkeit, bei der sie lange, dünne Pseudopodien ausstreckten. Sie zeigten eine große Klebrigkeit der Oberfläche, hefteten sich bald am Deckglas, bald am Objektträger an, drehten sich umeinander und zogen nach entgegengesetzten Richtungen.

Dieser Eindruck des Arbeitens am Auseinanderkommen war außerordentlich interessant. Nach vollkommener Trennung der Kerne zeigte sich auch eine vollkommene Individualisierung beider Hälften. Die Geißelgruppen arbeiteten deutlich einander entgegen mit der Tendenz, die Körperbestandteile, die ihnen zugehörten, auseinander zu zerren.

Dabei war die plastische Beschaffenheit des Chromatophors sehr auffällig und gut zu beobachten. Es bewegte sich wie ein Amöbenkörper, wurde gebogen, eingebuchtet, eingezogen, ausgebreitet und gelegentlich stark in die Länge gezogen. Man konnte sehr deutlich die zähflüssige Beschaffenheit seiner ganzen Substanz aus diesen Formänderungen erkennen. Ja, gelegentlich schnurrte es nach fast gelungener hantelförmiger Durchschnürung wieder zu einer einheitlichen Masse zusammen.

So unterblieb auch hier schließlich die Chromatophorenteilung und es kam zu einer erbungleichen Weitergabe auf die beiden Nachkommen, von denen das eine chromatophorenlos blieb. Also auch hier hatten wir Verlust des Chromatophors durch „Teilungshemmung“.

Allerdings in diesem Fall kam ich nicht zu einer weiteren Beobachtung, die das Weiterleben des chromatophorenlosen Sprößlings bewiesen hätte. So möchte ich denn zunächst die Form des Chromatophorenverlustes bei *Ochromonas granularis* dahingestellt sein lassen.

Bei der Kleinheit dieser Organismen ist es viel schwerer festzustellen, ob wirklich die Chromatophoren vollkommen fehlten. Sie konnten zu Leucoplasten sich umgewandelt haben und sehr klein geworden und somit gar nicht mehr von anderen Einschlußkörpern unterscheidbar sein.

Und schließlich möchte ich selbst auch noch auf eine Möglichkeit hinweisen, die bei allen so unreinen Kulturen in Betracht kommt. Sollte nicht eine der *Ochromonas* sehr ähnliche Form in geringen Zahlen in der Kultur vorhanden gewesen und daher übersehen worden sein? Konnte nicht eine solche sich massenhaft vermehren, wenn die Kulturbedingungen ihr günstig waren, während die chromatophorenbesitzende *Ochromonas* ausstarb. Ich halte dies

für unwahrscheinlich 1. wegen des vollkommen mit *Ochromonas* übereinstimmenden Baues, 2. wegen der Bildung genau der gleichen Cysten bei der chromatophorenbesitzenden und der chromatophorenfreien Form, 3. wegen der Beobachtung der stetig fortschreitenden Verkleinerung der Chromatophoren bei dauernder Kultur in den organischen Medien.

Doch bei so grundlegenden Problemen kann man nicht skeptisch genug sein. So soll die hier besprochene Möglichkeit ein Problem bleiben, dem ich in Zukunft an diesem oder einem anderen Objekt nochmals näher zu treten hoffe. Immerhin scheint mir sehr wahrscheinlich, daß in meinen Kulturen wie bei Meyer aus chromatophorenhaltigen *Ochromonas* eine farblose Form, also eine *Monas*-Art entstand. Das entspricht den Anschauungen Scherffel's und Pascher's über die Ableitung der Gattung *Monas*.

Auf alle Fälle wird für die Lösung dieser Frage sehr auf die Form des Verschwindens der Chromatophoren zu achten sein. Bei zur Untersuchung für diese Versuche so günstigen Organismen muß es möglich sein zu entscheiden, ob die Chromatophoren durch Reduktion oder durch Teilungshemmung aus den farblos werdenden Individuen verschwinden. Es ist nicht ausgeschlossen, daß beide Wege eingeschlagen werden, denn auf beide weisen meine Beobachtungen hin.

Zum Abschluß dieses Abschnittes soll noch eine Frage kurz berührt werden, welche schon Meyer in seiner Arbeit berührt hat. Wird wohl bei *Ochromonas* die gelöste organische Substanz, also vor allem der Zucker einfach osmotisch ohne Veränderung durch die Plasmaoberfläche in dessen Entoplasma aufgenommen? Das ist nicht unmöglich; ich möchte es aber nicht als definitiv bewiesen betrachten und halte auch für diesen Vorgang noch genauere Untersuchungen für nötig. Extracelluläre chemische Veränderungen und andere Möglichkeiten sind zu erwägen.

d) Die Körperteilung.

Wie wir oben die Körpergröße sehr schwankend fanden, so müssen wir auch für die Teilungsgröße dasselbe hervorheben. Die Ursachen sind dieselben wie bei der Körpergröße. Man sieht sehr kleine Individuen in der Teilung, während ich als größte Vertreter der Art sich zur Teilung anschickende Individuen beobachtete, welche über 20 μ maßen.

Die Körperteilung von *Ochromonas granularis* konnte ich oft an lebenden Individuen verfolgen. Der Vorgang spielt sich bei dieser

Art in etwa $^3/_4$—1 Stunde ab. Wie ich es schon für *Rhizochrysis* beschrieben habe und wie ich es noch bei einer Anzahl anderer Chrysomonadinen beobachten konnte, schließen sich diese Organismen im allgemeinen der Regel an, welche für mit Chromophyllen assimilierende Pflanzen- und Protozoenzellen gilt, daß die Teilungen nachts erfolgen. Gerade bei *Ochromonas granularis* konnte ich aber recht viele Abweichungen von dieser Regel beobachten und habe zu allen Zeiten des Tages Teilungen gesehen. Das hat sicher seine Ursache darin, daß bei diesem so ausgiebig tierisch und von gelösten organischen Substanzen sich nährenden Organismus die Kulminationspunkte des Stoffwechsels nicht so sehr vom Tageslicht abhängig sind, als bei rein pflanzlich assimilierenden Arten.

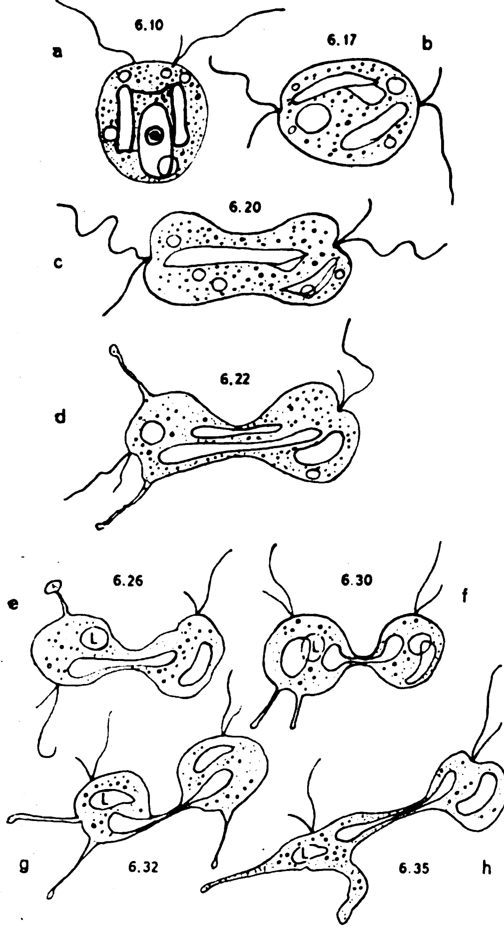
Die Teilung verläuft prinzipiell als Längsteilung, wie es für alle Mastigophoren bekannt ist. Aber entsprechend der amöboiden Beweglichkeit des Körpers, die während des Teilungsvorganges noch erheblich gesteigert sein kann, verwischt sich der Charakter der Längsteilung während des Teilungsverlaufs zum Teil sehr stark. Allerdings am Anfang der Teilung ist er sehr auffällig, um am Schluß wieder deutlich in die Erscheinung zu treten.

Die Textfig. B zeigt die Teilungsvorgänge bei einem Individuum, welche in 35 Minuten von dem ersten beobachteten Stadium aus zur vollen Durchteilung führten. Die Beobachtung ging von dem ersten Stadium aus, in welchem man Teilungsvorbreitungen bei einem lebenden Individuum überhaupt beobachten kann. Der noch ovale Körper zeigte in diesem Stadium noch ein einziges normal gestaltetes Chromotophor und einen bläschenförmigen einheitlichen Kern. Die Anzeichen der nahenden Teilung waren das Verschwinden der Einkerbung am Vorderrande, eine gewisse Verbreiterung des Umrisses und die Geißelteilung.

Wie bei den meisten zweigeißligen Mastigophoren sieht man auch bei dieser Art meist zunächst ein dreigeißliges Stadium entstehen, wobei in diesem beobachteten Fall zunächst neben der alten Gruppe von zwei ungleichen Geißeln eine lange Geißel entstand, die sich von der alten Gruppe trennte, worauf beide Gruppen sich voneinander entfernten. Beide Gruppen wanderten in wenig Minuten an die beiden Pole des unterdessen sich etwas in die Länge streckenden und damit eine längsovale Form annehmenden Körpers. Während dieser Wanderung schob sich neben der einzigen langen Geißel der einen Gruppe eine zweite Geißel hervor, welche zunächst ein Viertel der Länge der ersteren erreichte.

Bei dem stark sich bewegenden Teilungsstadium erkannte man

die neue Geißel erst als sie schon eine gewisse Länge hatte und schon Krümmungen ausführte. In diesem Stadium konnte man gut ein stumpfes Ende erkennen und hatte den Eindruck, daß das stabförmige Gebilde sich von der Körperoberfläche langsam verlängerte. Das ging in den wenigen Minuten vor sich, während deren Verlauf die nun ganz gleichartig aussehenden beiden Geißelpaare an die beiden Enden des ovoiden Chrysomonadinenkörpers gerückt waren. (Textfigur B b).



Textfig. B a—h. Phasen der Körperteilung.

In 2—3 Minuten trat an jeder Geißelgruppe eine kleine Vertiefung auf, ein kurzer Trichter, vollkommen der Geißelgrube des ungeteilten Organismus entsprechend. Gleichzeitig streckte sich der Körper noch mehr in die Länge (Textfig. B c), schwoll an beiden Enden etwas an und der mittlere Teil begann sich dementsprechend etwas zu verschmälern. Man sah dabei deutlich das flüssige Protoplasma gegen die beiden Pole sich verschieben und ansammeln. Strömungen im Protoplasma waren deutlich zu erkennen und äußerten sich in der Verlagerung der Vakuolen und der sonstigen im Plasma befindlichen Körper.

Kontraktile Vakuolen konnte man in dieser Phase nicht mit Sicherheit von anderen Flüssigkeitsblasen unterscheiden, da dies durch das Hin- und Herwogen des Protoplasmas erschwert wurde. Daß aber sehr bald zwei solche dagewesen sein müssen, beweist

mir die Beobachtung, daß schon nach 2 Minuten weiteren Teilungsverlaufs beide in Funktion waren. Eine gefressene Chlamydomonadine, welche schon halb verdaut war, wurde zusammengefaltet und an der einen Seite des Körpers zu einem länglichen Gebilde gestreckt.

Vor allem aber wurde das Chromatophor in die Länge gezogen; seine verdickten Enden reichten in die sich verdickenden Enden des Plasmakörpers. Wenn dabei die Umrisse des Chromatophors auch durch andere Fremdkörper und Vakuolen beeinflußt sein können, die weitere Längsstreckung, Hantelbildung und schließliche Durchschnürung des Chromatophors in zwei Tochterchromatophoren sind in keiner Weise durch äußere Kräfte beeinflußt. Vielmehr, wie es für Chromatophoren längst bekannt ist, ist die Teilung des Chromatophors autonom, durch innere Kräfte bedingt.

Das ist auch bei der hier geschilderten Art daraus entnehmbar, daß die Teilung des Chromatophors von der Teilung des Zellkörpers unabhängig verläuft. Sie kann vollendet sein, ehe noch ein Ansatz zur Teilung des Plamakörpers und des Geißelapparates oder gar des Kerns sich gezeigt hat. Wir werden noch zu erwähnen haben und haben oben schon darauf hingewiesen, daß Individuen mit zwei und mehr Chromatophoren vorkommen, die aus solchen mit einem hervorgegangen sind.

Nach weiteren 2 Minuten schnürte der Körper sich tiefer hantelförmig ein, wobei die beiden Enden sich weiter flach ausbreiteten. Zugleich zeigte sich im Protoplasma eine erhöhte Beweglichkeit, welche zur rasch verlaufenden Bildung von dünnen, stumpfen, an der Spitze angeschwollenen Pseudopodien führte. Mit diesen Fortsätzen konnte sich das Teilungsstadium vorübergehend an der Unterlage, z. B. an Bakteriengallerte ankleben. Die Pseudopodien schwanden, so schnell sie entstanden; es bildeten sich ebenso schnell neue. Das Teilstück der einen Seite, welches die neue Geißel bekommen hatte, fing mit der Pseudopodienbildung an; sie pflanzte sich aber bald auf die andere Hälfte fort.

Beide Hälften zogen sich unterdessen weiter auseinander, die Hantelform wurde immer ausgesprochener, das Zwischenstück immer schmäler und dünner. Das Protoplasma war offenbar flüssiger und beweglicher geworden. So zeigte sich in ihm eine Tendenz zur Abkugelung unter Verschwinden der Pseudopodien. Bei jedem Anheften an Gegenstände der Umgebung zeigte sich aber doch neue Pseudopodienbildung, wozu jedoch die Tendenz nach etwa 8 – 10 Minuten abnahm. Dann traten mehr breite lappige Aussackungen des Protoplasmas an beiden Teilhälften auf. Das Hin- und Herwogen des

Protoplasmas konnte noch so heftig sein, daß die Grenzen der schon manchmal stark ausgeprägten Teilhälften sich vorübergehend vollkommen verwischten.

Es trat dann ein einheitliches amöboides Gebilde vorübergehend auf, wie es Textfig. B, Phase k zeigt. Dazwischen kam es aber immer wieder zu Phasen, in welchen die Normalgestalt der *Ochromonas* mehr und mehr überwog. Während vorher eine Verschiebung der Geißelbasis öfter vorkam, prägte sich immer deutlicher und bleibender die Geißelmulde aus. Die kontraktilen Vakuolen nahmen ihre typische Lage an dem immer klarer sich ausbildenden Vorderrande ein.

Mittlerweile hatte das Chromatophor unter verschiedenartigen Formänderungen allmählich sich zu einer längeren Hantel gestreckt. Die Form dieses Gebildes wies auf eine beträchtliche Plastizität seiner Masse hin. Man hatte auch vom Chromatophor den Eindruck, es bestehe aus einem zähflüssigen Kolloid, worauf sein Aussehen auf den Skizzen der Textfig. Bk, l u. m hinweist.

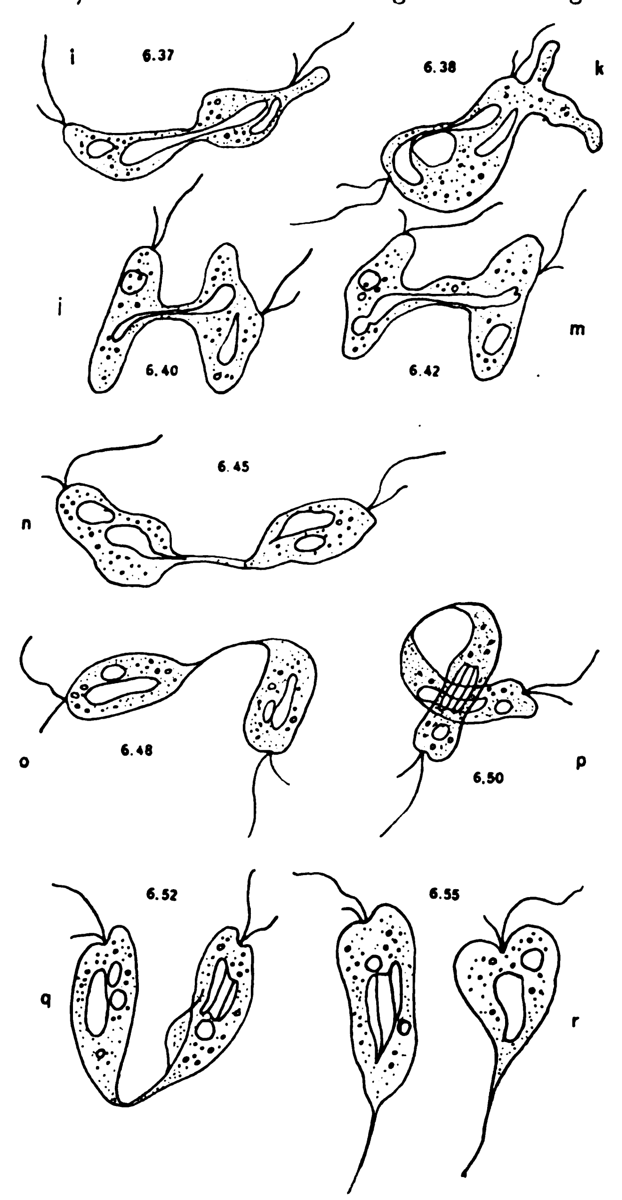
Am meisten spricht für eine solche Beschaffenheit der gleichen Fig. Stadium n, wo die beiden Hälften des Chromatophors auseinander gerissen sind und sich noch die Zipfel entgegenstrecken, die dann allmählich eingezogen wurden. In den Stadien o, p u. q nimmt das Chromatophor des einen Individuums die für die Art typische muldenförmige Chromatophorenform mit den gefalteten Rändern an.

Unterdessen hat die Körperteilung weitere Fortschritte gemacht. Der Verbindungsstrang der Hantel, die der Körper bildete, durch den das Chromatophor sich längs gelegt hatte, war nach dessen Durchreißen plötzlich sehr viel dünner geworden, zugleich starrer, lichtbrechender und offenbar von gefesteter Konsistenz seines Protoplasmas.

Schließlich zog er sich zu einem dünnen, glasigen, fadenförmigen Strang aus, der an seiner Oberfläche offenbar nicht klebrig war. Er zeigte sich biegsam und war — aus den Bewegungen des Paares dürfte man dies erschließen — elastisch geworden. Aus diesem festen Zustand kehrte der Verbindungsfaden beider Hälften in der 35. Minute, nachdem er vorher fast 3 Minuten starr gewesen war, noch einmal zu einem flüssigeren Zustand zurück, zeigte also kurze Zeit hintereinander die verschiedenen Zustände des Plasmas.

Dann wurde er in der 36. Minute noch einmal rasch auseinander gezogen, gedehnt und durch das Schwimmen beider Individuen in entgegengesetzten Richtungen schließlich fast genau in der Mitte

durchgerissen. Jede der so entstandenen Tochter-Ochromonaden zog nun einen starren elastischen Stiel von starkbrechbarer Substanz hinter sich her, welcher fast halb so lang war als der ganze Körper.



Textfig. B i—r.
Teilungsphasen der Körperteilung bis zum Abschluß der Teilung.

Letzter hatte in den letzten 6—7 Minuten des Teilungsvorganges immer mehr die für *Ochromonas granularis* typische Gestalt des gestielten Zustands angenommen: vorn verbreitert mit Geißelgrube und Geißeln, dort die kontraktile Vakuole, hinter ihr der Kern und etwas weiter nach hinten, in der Mittelregion des Körpers das Chromatophor.

Bei dem einen Individuum war das Chromatophor schon in der typischen Weise gefaltet; sein Stiel war zugespitzt. Es schwamm gleich ein Stückchen weiter und blieb dann zwischen Detritus hängen. Das andere Exemplar mit seinem noch ungefalteten Chromatophor hängte sich mit dem stumpfen Hinterende des Stiels durch Verklebung an der Unterlage fest.

Diese in kürzester Zeit angenommene Form des Organismus ist eine interessante Tatsache, die besonderer Beachtung wert ist. In anderen Fällen sah ich nach der Teilung sofort nach der Trennung der Individuen beide plötzlich, d. h. im Lauf weniger Sekunden die Normal-Schwimmform der Art annehmen, d. h. die Geißelgrube, das abgerundete Vorderende, das etwas spitz zulaufende Hinterende und die typische Lage der Zellorganellen waren sofort da.

Hier müssen Gesetzmäßigkeiten die Form des Organismus beherrschen, die genauerer Erforschung wert wären. Ob Oberflächenspannung, osmotische Beziehungen der Regionen, Stoffwechselvorgänge dabei eine Rolle spielen, wäre zu untersuchen.

Andere Beobachtungen weisen auf solche formbestimmende Gesetzmäßigkeiten hin. So beobachtete ich regelmäßig früh Morgens, daß alle an der Wasseroberfläche liegenden Ochromonadinen vollkommen unbewegt waren; alle waren abgekugelt. Manche waren geißellos, bei anderen schlugen die Geißeln ganz langsam.

Sowie sie belichtet wurden, wurde die Mundgrube deutlich, die Gestalt wurde länger, Zipfel und Stiel am Hinterende traten auf. Nach einigen Minuten waren alle Individuen beweglich und schwammen mit lebhaft schlagenden Geißeln im Wasser umher.

Die gleichen Vorgänge, welche ich oben bei einem Individuum genau beobachtet und verfolgt habe, sind natürlich außerdem bei sehr vielen Vertretern der Art studiert worden. In den wesentlichen Zügen vollzogen sie sich im gleichen Verlauf, was auch die Abbildungen der Endstadien einer Teilung Fig. 27—31 Taf. 6 und diejenigen nach konservierten Präparaten auf den Taf. 8 u. 9 beweisen, so Fig. 74 u. 76 Taf. 7 und die zahlreichen Teilungsfiguren auf Taf. 8 u. 9.

e) Die Basalkörner der Geißeln und ihr Verhalten bei der Körperteilung.

Bei der lebenden *Ochromonas granularis* erkennt man im Protoplasma, welches den Grund der Geißelgrube auskleidet, eine stark lichtbrechende Region. Selten kann man diese im Leben als Korn wahrnehmen, noch seltener Streifungen in der Umgebung oder gar ein kegelförmiges Gebilde zwischen Kernwand und Geißelursprung erkennen.

Solche Strukturen treten dagegen in sorgfältig fixierten und gefärbten Präparaten deutlich hervor. Daß man am lebenden Objekt überhaupt etwas von ihnen sieht, beweist, daß ihnen besondere Bauverhältnisse des Körperplasmas zugrunde liegen. Inwiefern diese durch die Präparation verändert sein können, wollen wir später erwägen.

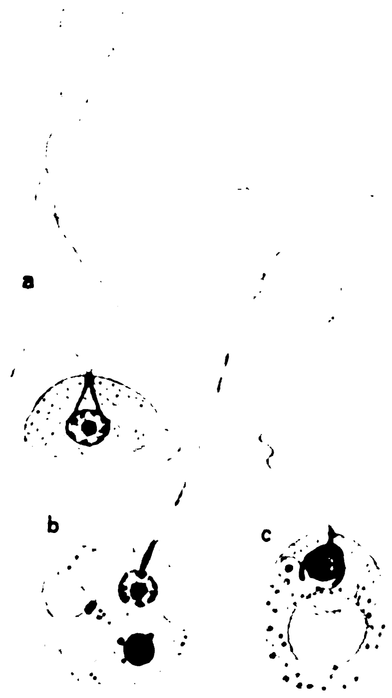
Bei *Ochromonas granularis* erkennt man vor allem in den mit Flemming'scher Flüssigkeit konservierten und mit Eisenhämatoxylin gefärbten Präparaten bei den meisten Individuen am Vorderende ein körnchenartiges Gebilde, welches einen kugeligen, ovalen oder stabförmigen Umriß haben kann. Mit dem Körnchen stehen beide Geißeln in Verbindung. Nach den Erfahrungen an vielen Protisten und Metazoenzellen bezeichnet man solche Körnchen als Basalkörner der Geißeln und Cilien.

Bei *Ochromonas* sieht man die Geißel aus dem Basalkorn direkt hervorgehen; in Färbung und Struktur ist kein wesentlicher Unterschied zwischen der Substanz des Basalkornes und der Geißel selbst zu erkennen. Somit liegt nahe, anzunehmen, daß beide aus der gleichen Substanz bestehen. Um darüber Klarheit zu gewinnen, ist es notwendig, beide Gebilde speziell bei unserem Objekt genau zu beschreiben.

Viele Chrysomonadinen werfen bei Reizungen der verschiedensten Art ihre Geißeln prompt ab. Dabei sehen beide Enden der abgeworfenen Geißel gleich aus, beide sind stumpf; es ist also am Basalende nicht etwa das Basalkorn erhalten, es hat sich nicht aus der Oberflächenschicht des Plasmas herausgelöst.

Sehr häufig erkennt man im Plasma von *Ochromonas granularis* Strukturen, welche das Basalkorn mit der Oberfläche des in kurzem Abstand von dem Basalkorn liegenden Kernes mehr oder weniger eng verbinden. Diese Strukturen machen manchmal den Eindruck von Plasmastrahlungen, die zur Membran des Kernes ziehen (Fig. 77, 78 Taf. 8, Fig. 108 Taf. 9); nicht selten sind es aber zwei wohl

abgegrenzte Stränge, welche ein drei- oder viereckiges Feld umfassen. Sie enden gelegentlich mit einer knopfförmigen Verdickung (Taf. 9 Fig. 105 u. 106) oder verlaufen allmählich (Fig. 107, 108). Es kommt auch vor, daß sie seitlich den Kern umfassen (Fig. 80 u. 105). Am Ende können auch diese Stränge einen zweiten Knopf tragen (Fig. 105). Einige charakteristische, besonders klare Bilder dieser Strukturen zeigt stark vergrößert die Textfig. C in den Teilfig. a, b u. c. Sie zeigen die verschiedene Art der Berührung der Kernmembran durch diese Stränge (Textfig. C).



Textfig. C. Befestigung der Geißeln bei *Ochromonas granularis* Dofl.

Es frägt sich nun, was diese Stränge bedeuten und in welchen Beziehungen sie zu den Basalkörnern stehen. Bei der großen Mehrzahl der normalen Individuen sieht man das Basalkorn isoliert zwischen Kernrand und Plasmaoberfläche liegen und aus ihm nur die Geißeln entspringen. So liegt es nahe, die Veränderungen mit dem Teilungsvorgang in Zusammenhang zu bringen.

Und tatsächlich sieht man das Basalkorn bei der Teilung sehr frühzeitig in Aktion treten. Wenn durch Anschwellen des Kernes und Deutlicherwerden der Chromatinelemente im Kern die ersten Teilungsvorbereitungen sich bemerken lassen, pflegt auch am Basalkorn sich etwas zu verändern. Vorher sah es meist ganz einheitlich aus. Und so ist es in der Regel auch noch einheitlich, wenn beim Körperteilungsvorgang zwei Geißeln mit ihm verbunden sind (Fig. 86, 88—91, 94—99 Taf. 8). Oft sind aber auch in allen möglichen frühen Teilungsphasen den zwei Geißelpaaren entsprechend, zwei Basalkornpaare frühzeitig vorhanden (Fig. 87, 109, 112 Taf. 8 u. 9).

Solche und andere Bilder legen die Meinung nahe, das Basalkorn sei vielleicht ein stab- oder hantelförmiges Gebilde in ruhendem Zustand, dessen Normalgestalt infolge der Kleinheit des ganzen Orga-

nismus und der Lage im Körper schwer zu überblicken wäre; darauf weisen Bilder, wie Fig. 81 u. 82 sie zeigen, hin.

Auch bei manchen Teilungsstadien stellt sich das vom Basalkorn abstammende Gebilde oft stabförmig dar (Fig. 96 u. 102). Wir werden auf diese Beobachtungen bei der Erörterung des Wesens des Basalkornes noch zurückkommen.

Verfolgen wir sein Verhalten bei der Körperteilung, so führt dies stets zu einer Verdoppelung des Basalkornes. Durch Streckung, über Bildung einer Hantelfigur (Fig. 107, 108, 110, 111 Taf. 9) und Ausziehen, schließlichem Durchreißen des Verbindungsstranges entstehen zwei Basalkörner. Sehr häufig tritt schon sehr bald die Verdoppelung des einen oder beider sich voneinander trennenden Basalkörner ein (Fig. 87, 111, 112).

Aus ihnen sind schon vorher neue Geißeln hervorgesproßt und eine *Ochromonas* kann schon 3 oder alle 4 Geißeln haben, ehe die Basalkornhantel durchgerissen ist und ehe der Kernteilungsvorgang weiter fortgeschritten ist (Fig. 107, 108, 110, 111) oder es können die beiden Basalkörner mit ihren Geißelpaaren sich voneinander entfernen, während der Kern noch keine Teilungsfortschritte gemacht hat (Fig. 109).

Stets tritt aber beim weiteren Fortschreiten der Kernteilung die Kernspindel in bestimmte Beziehungen zu den Basalkörnern. Je ein Basalkorn mit je einer oder zwei Geißeln tritt an den einen Spindelpol, wandert diesem voran in die eine Tochterhälfte und polarisiert diese von vornherein durch die Bewegungen, welche der Geißelschlag herbeiführt. Dabei sah ich in der Mehrzahl der Fälle das Basalkorn gegen Ende des Teilungsvorgangs einheitlich werden und, soweit ich das erkennen konnte, Kugelform annehmen (Taf. 8 Fig. 96, 98, 99, Taf. 9 Fig. 124, 127).

Die Stränge und Fasern, welche von den Basalkörnern ausgehend ins Innere des Protoplasmas reichen und oft den Kern umfassen, bestehen offenbar aus der Substanz des Basalkorns und sind aus ihm entstanden. Sie bestehen aus einer zähen Masse und es liegt nahe, diese wie die Substanz des Basalkorns als sehr stark verdichtetes Protoplasma anzusehen.

So wären Basalkörner und die aus ihnen hervorgehenden Stränge jenen Bildungen anzuschließen, welche bei aus Protoplasma gebauten Organismen das Bestehen einer konstanten Eigenform ermöglichen. Wir nennen die Substanz, welche solche Gebilde aufbaut, „Stereoplasma“.

Dieser Bezeichnung liegt die Annahme zugrunde, daß es sich

um eine Phase des kolloidalen Plasmas handelt, welche starr ist und damit eine stützende Funktion ausüben kann. Dieser Schluß ist durch die Beobachtungen erlaubt, daß solche Bildungen sich wieder verflüssigen können und dabei in eine flüssige Masse umwandeln, welche von dem sie umgebenden Protoplasma nicht zu unterscheiden ist. Es muß aber betont werden, daß bisher noch nicht bekannt ist, ob Bildung und Auflösung von Stereoplasma nur Zustandsänderungen einer kolloidalen Substanz sind, oder ob chemische Veränderungen, Bildung neuer Verbindungen diesen Vorgang begleiten.

Einerlei, wie wir diese Umwandlungen auffassen, jedenfalls handelt es sich um stützende Substanzen. Das Basalkorn verankert die Geißel im flüssigen Protoplasma. Möglicherweise sind die von ihm ausgehenden Stränge und Fasern an es sich anschließende neue Verfestigungen im Protoplasma, welche durch lokalen Druck oder Zug gesetzmäßig entstehen und zur festeren Verankerung des Basalkornes beitragen.

Ehe wir diese Beobachtungen zu deuten versuchen, wollen wir die feineren Vorgänge der Kernteilung selbst beschreiben, so weit ich in sie eindringen konnte.

f) Bau und Teilung des Kernes.

In einer vorläufigen Mitteilung, welche 1917 im „Zoologischen Anzeiger" erschien, habe ich eine knappe Darstellung der Kernteilung von *Ochromonas granularis* gegeben, weil ich damals die Tatsachen im Zusammenhang mit meinen cytologischen Beobachtungen an *Polytomella agilis* festlegen wollte, ehe ich nach Mazedonien reiste. Hier will ich meine Angaben ergänzen und vertiefen und vor allem die theoretischen Folgerungen anschließen, welche sich mir aus ihnen zu ergeben scheinen.

Für die Herstellung der mikroskopischen Präparate verwandte ich die Methoden, welche sich mir bei diesen kleinen Organismen so gut bewährt haben: Fixieren mit Schaudinn'schem Sublimat und mit Flemming'scher Lösung, beide warm und kalt, Färbung mit Giemsa's Lösung, mit alkoholischem Eisenhämatoxylin und entsprechenden Gegenfärbungen. Für besondere Zwecke wurden besondere Reaktionen angewandt, die jeweils im Zusammhang erwähnt werden.

Ankleben der zarten Objekte mit Eiweißlösung ans Deckglas und sorgfältige Differenzierung der Färbungen auf der Brücke bei starken Vergrößerungen wurden auch herangezogen.

Auch bei dieser Form wurde gelegentlich Fixierung mit Osmium 1 % und Nachbehandlung mit Sublimatlösung nach SCHAUDINN mit gutem Erfolg zur Erhaltung feinster Strukturen angewandt.

1. Der Bau des ruhenden Kernes.

Bei der lebenden *Ochromonas granularis* ist der Kern schwer zu untersuchen; bei den beweglichen Individuen ist er nicht sichtbar. Bei etwas gepreßten Exemplaren erkennt man ihn als kugeliges Bläschen mit einem zentral gelegenen ebenfalls kugeligen Binnenkörper. Die Randzone des Kernes tritt durch starke Lichtbrechung hervor. Auch der Binnenkörper hebt sich dann noch im Leben sehr stark heraus. Der Ruhekern hat einen Durchmesser von 2—2,5 μ, der Binnenkörper erreicht 0,75—1 μ.

Dem entspricht der Bau des Kernes in den konservierten und gefärbten Objekten. Vor allem in den mit Eisenhämatoxylin behandelten Präparaten treten alle Einzelheiten klar hervor.

Man erkennt dann deutlich eine den kugeligen Kern umschließende Kernmembran von zarter Beschaffenheit. Im Zentrum des Kernbläschens liegt das Caryosom, welches sich einheitlich stark färbt. Zwischen Membran und Caryosom sieht man nicht selten in den Präparaten sich zarte radiäre Strahlen erstrecken, welche ich auf die Kerngerüstsubstanz zurückführe. Die Zwischenräume zwischen ihnen werden im Leben vom Kernsaft erfüllt gewesen sein.

Das Caryosom der ruhenden Kerne ließ in seinem einheitlichen Körper nie Differenzierungen erkennen; in Eisenhämatoxylinpräparat war es tiefschwarz, im GIEMSA-Präparat blau gefärbt (Taf. 8 Fig. 77, 73, 75).

In letzteren war die Kernmembran in der Regel aber nicht immer rot, stets aber Körnchen rot gefärbt, welche peripher nahe der Membran lagern (Fig. 73 u. 75). Gerade in den GIEMSA-Präparaten waren diese Körnchen viel zarter und feiner als in den Eisenhämatoxylinpräparaten. Das liegt wohl daran, daß die GIEMSA-Färbung eine Imprägnation darstellt, während die Eisenlackmethoden in der Hauptsache Appositionsfärbungen sind.

2. Die Kernteilung.

Erste Andeutungen der Teilung erblicke ich in den Präparaten in einer Vergrößerung des Kerndurchmessers. Die dadurch angezeigte Vergrößerung des Kernvolumens führe ich auf eine Quellung des Kerns durch Flüssigkeitsaufnahme aus dem Protoplasma zurück.

Sie könnte allerdings auch durch chemische Vorgänge in den Kernsubstanzen selbst erklärt werden.

Jedenfalls sieht man in manchen Kernen, die sonst keine Teilungsanzeichen aufweisen, die peripher im Kern liegenden Körnchen sich größer darstellen. Meist sind das Kerne in Ochromonaden, welche an ihrem Zellkörper, so an den Geißeln oder Basalkörpern erste Teilungsvorbereitungen zeigen. Bei solchen sieht man stark färbbare randständige Körper, die sich direkt der Kernmembran anlegen.

Da aus diesen Körpern Gebilde entstehen, welche ähnlich wie Chromosomen höherer Organismen sich verhalten, so liegt es nahe, nach Vorgängen zu suchen, welche an deren Bildung erinnern. Tatsächlich gehen solche vor sich. Die Körner werden größer und ihre Zahl wird geringer. Das kann man aus einer Reihe von Präparaten schließen, welche man, wie das bei Untersuchung von solchen cytologischen Vorgängen üblich ist, willkürlich seriiert. So kann man mit demselben Recht, mit dem man dies in anderen Fällen getan hat, auch bei *Ochromonas* schließen, daß diese größeren Chromatingebilde durch Verschmelzung kleiner Körner entstehen. Jedenfalls sind in Individuen, die man für Ruhestadien erklären muß, mehr und kleinere starkfärbbare Körnchen im Kernraum zu zählen, als in solchen, bei denen die Geißeln und Basalkörner den Beginn der Teilung anzeigen. Im ersteren sind meist über 10, im letzteren 4—6, jedenfalls weniger als 10 Körner zu zählen.

Die Vergrößerung der Körner ist sicher nicht nur auf Verschmelzung kleinerer zu größeren zurückzuführen, sondern die gesamte färbbare Substanz der Kerne nimmt in dieser Phase zu. Also Wachstum der chromatischen Substanz fällt in diese Periode.

Noch in der Prophase der Kernteilung erfolgen Veränderungen am Caryosom. Es wird größer, bekommt einen größeren Durchmesser und färbt sich heller. Ich schließe aus diesen Veränderungen auf eine Quellung seiner Substanz (Taf. 9 Fig. 108, 117). In seltenen Fällen sah ich in seiner Substanz Vakuolen (Taf. 8 Fig. 86). Andere Bilder wiesen auf einen Zerfall des einheitlichen Körpers in mehrere Stücke hin (Fig. 87). Die Veränderungen am Caryosom müssen ziemlich rasch ablaufen; denn trotz meines sehr reichen Materials habe ich nicht mehr Stadien von ihnen beobachten können, als die soeben beschriebenen.

Jedenfalls zeigt sich in den Stadien, welche ich den bisher beschriebenen als nächstfolgende anschließe, schon eine erhebliche Ver-

änderung im ganzen Bau des Kerns. Das Kernbläschen hat eine ovoide Form angenommen. Es hat sich parallel der Querachse des Vorderendes der *Ochromonas* in die Länge gestreckt, so daß sein eigener Längsdurchmesser $1^1/_2$—2 mal so lang geworden ist, als sein Querdurchmesser (Fig. 112—114).

Die offenbar von Flüssigkeit erfüllte Kernblase ist nicht mehr von einer deutlichen Membran umgeben. Die Kernmembran hat sich wohl bis auf eine zarte Haut eher gedehnt als aufgelöst. Der sehr deutliche Umriß des Kernbläschens zeigt in seiner Substanz keine erhebliche Verdichtung. Die Flüssigkeit, welche es erfüllt, offenbar in der Hauptsache auf den durch Flüssigkeit aus dem Protoplasma vermehrten Kernsaft zurückzuführen, wird wohl bald und vollkommen in die Spindelsubstanz aufgenommen; denn auf den anschließenden Stadien der Spindelbildung (Taf. 8 Fig. 88—91, Taf. 9 Fig. 115, 121, 122, 124—127) pflegt eine solche Flüssigkeitsansammlung zu fehlen. Manchmal bleibt die Blase in der Kernregion allerdings länger erhalten, wie die Fig. 119 u. 120 zeigen. Ja sogar noch späte Kernteilungsstadien weisen auf einen dauernden Flüssigkeitsreichtum der ganzen Kernregion hin, wie Fig. 94, 95, 96, 97, 98 auch 100 u. 104). Vielleicht kommt auch eine Neubildung der Flüssigkeit in Frage. Auf die Bedeutung dieser Verhältnisse wird noch zurückzukommen sein.

Die weiteren Veränderungen im Teilungskern betreffen die Region des Caryosoms und der Chromatinkörner. Das Zentrum des Kernraums ist auch jetzt von einer relativ dichten Substanz eingenommen, welche spindelförmig gestreckt der Längsachse des ovoiden Kernbläschen entsprechend liegt und somit dessen Innenraum zum großen Teil erfüllt.

Ich führe diese intranukleäre Spindel auf die Substanz des ehemals kugligen Caryosoms zurück, welche durch einen Quellungsvorgang an Masse zugenommen, weniger dicht geworden und sich zur Spindel in die Länge gestreckt hat. Die Fig. 86, 111, 112, 113, 114 zeigen uns den Weg, auf welchem wahrscheinlich diese Umwandlung sich vollzogen hat.

Klare Anfangsstadien des Vorgangs habe ich nicht gefunden. Es ist das auch bei der Kleinheit von *Ochromonas* und der Verschiedenheit der Lage von Körper und Kern in den Individuen eines Präparats sehr schwer möglich. Sehr wichtig als Spindelbildungsstadium erscheint mir Fig. 112.

Die weitere Entwicklung der Spindel läßt sich jedoch vollkommen klar überblicken. Die Pole der Spindelfigur, welche anfangs stumpf

waren, werden bald scharf zugespitzt. Sie wird immer schlanker, wobei die Pole immer spitzer werden; die Kegel, welche von beiden Polen ausgehen, stoßen im Äquator der Spindelfigur breit aneinander; dort liegt eine oft ganz schematische Äquatorialplatte der chromatischen Elemente um die Spindel herum.

Ich stellte einmal die Länge einer Spindel mit Äquatorialplatte mit 4,5 μ fest. Die gerade sich spaltende Äquatorialplatte hatte eine Breitenausdehnung von etwa 2,5 μ, ihre Dicke betrug 0,75 μ. Das war bei einem Individuum von 7,5 μ Körperlänge. Die Vorgänge an der Äquatorialplatte wollen wir später im Zusammenhang erörtern, ebenso die Beziehungen, welche die Pole der Kernspindel zu den Basalkörnern der Geißeln gewinnen.

Die Spindel selbst wird beim Fortgang des Teilungsvorgangs immer länger gestreckt. Es treten dann nicht selten in ihrer Substanz Längsstreifungen auf, welche an die Spindelfasern von Metazoenspindeln erinnern (Fig. 88, 89, 90, 101, 122, 124, 126). Diese sind mehr oder weniger deutlich als Verdichtungen der Substanz der Spindel zu erkennen, während die zwischen ihnen liegenden helleren Streifen, offenbar Regionen sind, welche infolge geringer Dichtigkeit den Farbstoff weniger festhielten. Nicht selten ist in solchen Spindeln ein zentraler Strang zu erkennen, der sich durch die Spindel von Pol zu Pol zieht (Fig. 120, 124, 127). Auf dessen Wesen wird noch einzugehen sein.

Indem die ganze Spindelsubstanz sich weiter in die Länge streckt, wird der mittlere Teil der Spindel zu einem cylindrischen Gebilde, wie es die Fig. 91, 92 u. 127 zeigen. Dieser streckt sich durch die ganze Breite des Flagellatenkörpers. Ihm sitzen an beiden Enden die Polkegel auf, welche sich zunehmend verkürzen, dabei schließlich abrunden (Fig. 98, 100). Es ist wohl kein Zweifel, daß diese zu den Caryosomen der Tochterkerne werden, wobei sie allmählich noch Reste des zentralen Teils der Spindel in sich hineinbeziehen.

Schon während des Hantelstadiums ist oft die Substanz des mittleren Teils der Spindel eigenartig verändert. Diese Änderungen erlauben Schlüsse auf Beschaffenheit und Zusammensetzung der Spindelsubstanz.

Um die Bilder richtig zu verstehen, müssen wir eine Besonderheit der Teilungsstadien von *Ochromonas* hervorheben. In den ruhenden Stadien von *Ochromonas* haben wir immer bei gut ernährten Individuen die großen Vakuolen von Leucosin erwähnt. Solche sind auch in den Teilungsstadien vorhanden, liegen zentral

im Körper und bedingen damit die seitliche Lagerung der Teilungsspindel (Fig. 89, 94, 95, 100, 124—127). Mit dieser bei der Teilung auch längsgestreckten und vielfach durchgeschnürten Vakuole bestehen zum Teil Beziehungen der Teilungsspindel. So kann sie von ihr zur Seite gedrängt werden (Fig. 98).

Bemerkenswert sind Bilder wie Fig. 100 u. 104. In Fig. 100 ist der ganze Teilungsstrang, der sich zwischen den 2 Polen der Teilungsfigur ausdehnt, noch erhalten. Er scheint in diesem Fall sich zu ungewöhnlicher Länge und Dünne entwickelt zu haben und infolgedessen hat er eine geschlängelte Form angenommen. Ich betrachte diese als eine Folge der Stemmwirkung der Spindel. Da die Pole auf die Stemmwirkung hin sich nicht mehr weiter bewegen können, da sie am Rand der *Ochromonas* angelangt sind, mindestens ein starker Widerstand in der Oberflächenregion des Plasmas sich geltend macht, entstehen durch den Gegendruck in der zähen Substanz der Spindel spiralige Biegungen. In Fig. 104 sind es einzelne von der Spindel zurückgebliebene zähe Fasern, welche unter Druckwirkung sich biegen. Beide Bilder weisen auf die gleichen Kräftewirkungen hin und zeigen, daß die Spindelsubstanz jetzt fest und elastisch geworden sein muß.

Darauf muß sie sich aber wieder erweichen; denn nach der Durchtrennung beim weiteren Vorwachsen der Pole beginnt sie in die Caryosome einzufließen. Sie muß mindestens zähflüssig sein, wenn wir die Bilder verstehen sollen, welche dann entstehen. Wie ein Pseudopodium eines Rhizopoden mit zähflüssigem Protoplasma werden die Zipfel der Spindelsubstanz in das Caryosom einbezogen.

Bei der Rekonstruktion der bläschenförmigen Kerne werden aus den Enden der Spindel wieder kuglige Caryosome, wobei sie oft vorübergehend noch strangförmig erscheinen. Um sie bildet sich wieder das Kernbläschen, eine Membran differenziert sich an dessen Oberfläche, in welche auch die Chromatinkörper eingeschlossen werden. So rekonstruieren sich an beiden Polen der Spindel die zwei Tochterkerne, welche sehr schnell dem Mutterkern in allen Eigentümlichkeiten des Baues vollkommen ähnlich werden (Fig. 93 u. 99).

Es bleibt uns übrig zu schildern, was unterdessen an den Chromatinkörpern vor sich ging. Wir haben jetzt die Vorgänge zu beschreiben, welche mich veranlassen in diesen stark färbbaren, dicht strukturierten Elementen im Kern von *Ochromonas granularis* typische Chromosomen zu erblicken.

Wir haben oben geschildert, daß im Anfang der Prophase

sich die stark färbbaren Körner im Außenteil des Kerns von *Ochromonas* zu massigeren, größeren Körpern vereinigten, deren Zahl mit ihrer wachsenden Größe geringer wurde. Eine Anzahl von Bildern, welche ich in meinen Präparaten auffand, erlauben mir anzunehmen, daß es sich schließlich um 4 solche Gebilde in je einem in vorgeschrittener Prophase befindlichen Kern von *Ochromonas granularis* handelt. Ich bin mir vollkommen bewußt, wie vorsichtig man bei der Beurteilung so minimal kleiner Strukturen sein muß. Man ist der Gefahr von Täuschungen ganz außerordentlich ausgesetzt. Vor allem, wenn ich mich daran erinnere, wie häufig in meinen Objekten konservierte Bakterien und Kokken sich fanden, welche „Chromosomen“ ganz außerordentlich ähnlich waren und sich wie solche färbten und darstellten, bin ich zu äußerster Vorsicht gemahnt. Ich habe seinerzeit, ohne die Absicht, in diesem Zusammenhang auf sie hinzuweisen, solche Bakterien in manchen meiner Zeichnungen dargestellt, und weise hier auf sie hin (Fig. 97, 98, 111, 112), um zu betonen, wie sehr ich mir solcher und ähnlicher Gefahren für die Deutungen starker mikroskopischer Vergrößerungen bewußt bin.

Die Reihe von Abbildungen, welche ich von den Prophasen, vor allem von den Metaphasen, aber auch von den Anaphasen und Telophasen des Kernteilungsvorgangs von *Ochromonas granularis* zeigen kann, geben aber so klare Bilder der Vorgänge, daß ich überzeugt sein darf, jeder erfahrene Cytologe, welcher meine Präparate studiert hätte, wäre zu ähnlichen Deutungen gelangt, wie ich.

Wollen wir zunächst ohne weitere Deutungen die Präparate, mit dem, was sie zeigen, beschreiben.

Die Fig. 111 u. 116 zeigen offenbar in etwas gequollenen, vergrößerten Kernen Klumpen stark färbbarer Substanzen. Eine Möglichkeit wäre, sie als unnormale Bildungen, als durch die Präparation veränderte Kerne anzusehen, als Kunstprodukte. Dagegen spricht der sonst sehr gute Zustand der betreffenden ganzen Präparate, die gute Erhaltung der sonstigen Details der sie enthaltenden Individuen. So liegt also die Möglichkeit vor, sie als normale Prophasen zu deuten, bei denen in Fig. 111 die Aufblähung des Kerns vorgeschritten ist und 5 stark färbbare Gebilde entstanden sind, deren Zurückführung auf 4 Chromatinelemente und ein Caryosom möglich wäre. In Fig. 116 wären 4 Chromatinelemente vorhanden, ein Caryosom würde fehlen, sich nicht gefärbt haben. Leider sind dies die einzigen Prophasestadien dieser Stufe, über die ich verfüge. Ihre große Deutlichkeit ermutigen mich in dieser Phase das Vorkommen von 4 Chromatinelementen auf dem Wege zur Verschmelzung in Einheiten anzunehmen.

Klarer für die Deutung als diese Prophasen sind die im Material enthaltenen Metaphasen zu deuten. Die Spindel in Fig. 112 zeigt in äquatorialer Stellung zu beiden Seiten je einen stark gefärbten Körper. Ähnlich ist das Bild in Fig. 113, wo man allerdings im Zweifel sein kann, ob es sich um einen, die Spindel umfassenden chromatischen Körper handelt, oder um zwei solche, welche zu beiden Seiten der Spindel gelagert sind, während in der Spindel selbst noch ein dunkler Strang liegt.

Unzweifelhaft ein einheitlicher Körper ist es, welcher die Äquatorialplatte in den Fig. 88, 89, 114, 115 u. 120 bildet. Hier liegt ein derber Strang auf der Spindel und umfaßt sie wohl ringförmig.

Leider habe ich von solchen Stadien keine guten Bilder bei Giemsa-Färbung erhalten. In diesen hätte man deutlicher erkennen können, ob nicht doch in den Äquatorialplatten stets zwei getrennte Gebilde zu unterscheiden sind. Eisenhämatoxylin hat oft die tückische Eigenschaft, nahe beieinanderliegende Gebilde von gleicher Dichte zu einem einheitlichen Körper zusammenzubacken. Man erinnere sich nur an die Schwierigkeiten, welche man oft bei der Zählung von Chromosomen in Prophasen oder Äquatorialplatten von Zellen von Metazoen hat, welche mit Eisenhämatoxylin gefärbt sind.

Besonders wichtig sind die beginnenden Anaphasen in Fig. 121 und 122. Da sieht man deutlich die Trennung in zwei Tochterplatten vor sich gehen; und zwar erfolgt diese als ausgesprochene Längsspaltung.

In den Fig. 124 u. 125 sieht man die Tochterplatten sich trennen, Zwischenstadien der Anaphase geben die Fig. 101, 102 auf Taf. 8. Die Wanderung der Tochterplatten gegen die Pole kann man in Fig. 91, 92, 95 u. 96 verfolgen. Fast wie Ringe umfassen die Tochterplatten die Spindel und die einzelnen Bilder geben in der von mir vorgenommenen Seriierung etwa in der Reihenfolge Fig. 121, 123, 101, 91, 94, 98 die Wanderung der Tochterplatten gegen die Pole an, wie wir sie auch nach Analogie der vielen im Leben beobachteten Kerne anderer Organismen annehmen dürfen. Ein sehr charakteristisches Stadium der Anaphase zeigt schließlich Fig. 76 nach einem Giemsa-Präparat.

Wir verfolgen zunächst nur die Präparate, in denen die chromatische Masse wie in der Äquatorialplatte, so in den Tochterplatten als Einheit vorliegt und als solche in die werdenden Tochterkerne eintritt. Da ist als Abschluß der Anaphase noch Fig. 127 sehr zu beachten, welche nicht nur durch die Umwandlung der Spindel in einen Cylinder mit Membrancylinder und Zentral-

faden, sondern auch durch die Anordnung des Chromatins in ringartig die Pole umfassende Stränge sehr an die Vorgänge erinnert, welche ich für den Abschluß der Anaphase bei *Rhizochrysis* (1916 u. 1917) beschrieben habe. Wir werden später bei der vergleichenden Betrachtung auch noch andere Ähnlichkeiten mit der Kernteilung von *Rhizochrysis* zu erörtern haben, was ja bei der Verwandtschaft der beiden Formen nicht auffällig ist.

Für die Deutung der Normalzahl der Chromosomen sind nun einige noch nicht beschriebene Präparate von besonderer Bedeutung. Schon an den Fig. 124 u. 125 der Taf. 9 hat man den Eindruck einer Zweiteilung beider Chromatinelemente. Jedes ist an den distalen Enden keulenförmig angeschwollen. Ganz deutlich ist aber in Fig. 126 die Zahl von zwei nebeneinanderliegenden, sich längsspaltenden Chromosomen in der Äquatorialplatte. Hier erscheint die Normalzahl 2 wohl einwandfrei bewiesen.

Ein zweiter Beweis ist die Fig. 119, in der die zwei Chromosomen der Tochterplatten voneinander getrennt deutlich zu sehen sind. In den Fällen, wo das Bild ein einziges Chromosom in Äquatorial- und Tochterplatten vortäuscht, wie in Fig. 88, 101, 102, ferner 105, 120, 121, 122, nehme ich an, daß durch die Eisenhämatoxylinfärbung eine Verklebung von zwei Elementen herbeigeführt ist.

Den Übergang zur Telophase und die Rekonstruktion der Tochterkerne zeigen uns die Fig. 94—99. Während in Fig. 95 der Zentralfaden der Spindel, in Fig. 96 der Membrancylinder noch erhalten sind, sind beide in Fig. 94 schon verschwunden und an ihre Stelle die große Leucosinvakuole gerückt. In Fig. 96 sehen wir das Kernbläschen sich neu bilden, die Membran des Kernes ist in der Entstehung begriffen. Ihre feine Körnelung zeigt, daß Substanzen in ihr abgelagert werden, während im Kernsaft schon Granulationen auftreten. Die scharf umrissenen Stränge sind wohl Chromatin, das Caryosom ist hier nicht gefärbt, während es in den Fig. 98 u. 100 deutlich neben dem Chromatinstrang zu erkennen ist. Ebenso zeigt Fig. 74 nach einem Giemsa-Präparat ohne Chromatinfärbung nur die Caryosome an der hier hantelförmig erscheinenden Endphase der Spindel.

In Fig. 96 ist aber auch die Deutung möglich, daß die strangförmigen starken Klumpen in beiden entstehenden Tochterkernen auf eine Verklebung von Caryosom- und Chromatinbestandteilen zurückzuführen sind, was bei den Besonderheiten der Eisenhämatoxylinfärbung und der Kleinheit der Objekte durchaus nahe liegt.

Schließlich kann es zu einer vollkommenen Rekonstruktion der Tochterkerne kommen, noch ehe die beiden Tochterindividuen von *Ochromonas* sich vollkommen voneinander trennen. Fig. 99 zeigt ein derartiges Bild, in welchem beide Tochterindividuen schon abgekugelte, bläschenförmige Kerne mit Membran, zentralem, kugeligem Caryosom und randständigen Chromatinkörnern aufweisen, während die Körper noch durch eine ziemlich breite Plasmabrücke verbunden sind.

Gelegentlich wird sogar die Körperteilung wieder rückgängig gemacht, die Tochtertiere fließen mitten im Teilungsvorgang wieder zu einem einheitlich sich bewegenden zweikernigen Tier zusammen, dem man noch deutlich ansieht, daß es kurz vorher einen Teilungsakt unvollständig durchgemacht hat (Fig. 93). Bald pflegt aber in einem solchen Fall der Rest des Teilungsaktes nachgeholt zu werden.

g) Theoretische Erörterungen und Folgerungen aus den Beobachtungen am Kern von *Ochromonas granularis* Dofl.

Nachdem ich die Kernteilung von *Ochromonas granularis* in den wesentlichen Vorgängen geschildert habe, bleibt mir die theoretische Ausdeutung der Beobachtungen übrig. Das was wir bei dieser Art kennen gelernt haben, soll in Zusammenhang mit den Kernteilungsvorgängen bei anderen Organismen gebracht werden und untersucht werden, inwiefern Übereinstimmung mit den üblichen Regeln vorliegt, inwiefern Abweichung von ihnen.

So wollen wir der Reihe nach 1. das Wesen und die Wertung der Chromatinelemente, 2. die Rolle des Caryosoms, 3. die Bildung der Spindel, 4. die Basalkörner besprechen:

1. Die Chromatinelemente.

Zunächst sei die Frage erörtert, inwiefern bei dieser Form die Bezeichnung der Chromatinsegmente als Chromosomen berechtigt ist. A. Kühn hat in seiner so exakten und ausgezeichneten Untersuchung zur kausalen Analyse der Zellteilung I. Teil: Zur Morphologie und Physiologie der Kernteilung bei *Vahlkampfia bistadialis* für die von ihm bei dieser Art beschriebenen Chromatinsegmente noch den Namen Chromosomen vermieden. Er hat dies in einer sehr klaren Auseinandersetzung begründet, welcher ich vollkommen zustimme. Für seine Stellungnahme war vor allem entscheidend die Querteilung der von ihm beschriebenen Chromatineinheiten, welche sie von allen typischen Chromosomen der vielzelligen Tiere und Pflanzen unterscheidet, die alle die charakte-

ristische L ä n g s t e i l u n g aufweisen. Diese ist ja neuerdings theoretisch immer wichtiger geworden.

Allerdings wird für die theoretische Beurteilung der Chromatinsegmente auch die konstante N o r m a l z a h l von großer Bedeutung sein. Sie hat bei seiner *Vahlkampfia* KÜHN außerordentlich wahrscheinlich gemacht. In dem Unterschied der Teilungsrichtung sehen wir damit schon Verschiedenheiten in den Trägern der Vererbung bei den Protozoen, welche uns vielleicht einmal Anhaltspunkte bieten werden für eine Geschichte der Entstehung dieser sicherlich bei den Metazoen außerordentlich kompliziert gebauten Gebilde. Querteilung könnte auf einfachere Verhältnisse, Sitz von weniger Eigenschaften in den Vererbungsträgern, Längsteilung auf die größere Sorgfalt hinweisen, welche die Verteilung von mehr Genen erfordert.

Bei *Ochromonas granularis* sahen wir nun eine ganze Anzahl von Teilungsbildern, welche durchaus auf eine L ä n g s t e i l u n g zu schließen erlauben. Ich weise auf die Fig. 101 u. 102 der Taf. 8 auf Fig. 121, 122, 124—126 der Taf. 9 hin. Für diese Chromatingebilde würde also jedenfalls dieser Teil der Definition von Chromosomen zutreffen; sie wären als echte Chromosomen zu bezeichnen, wie sie auch sonst bei Protozoen schon beobachtet und beschrieben worden sind.

Der Längsspalt erscheint in meinen Präparaten mit einer Gesetzmäßigkeit und Gleichmäßigkeit, welche an die klassischen Bilder von *Molge*, von *Ascaris* und *Lilium* erinnert; der Vergleich mit der Chromosomenspaltung und damit mit Chromosomen scheint mir damit unabweisbar.

An den Nachweis der Chromosomennatur schließt sich unmittelbar die Frage nach der für die Art typischen N o r m a l z a h l. Ich kam oben schon (S. 182) zur Annahme, daß es sich in der Äquatorialplatte um 2 Chromosomen handelt, die sich in 4 solche spalten, so daß damit jede Tochterplatte und damit jeder Tochterkern wieder die Normalzahl von 2 Chromosomen erhält.

Gegen diese Annahme könnten einige meiner Präparate einen Einwand begründen. In den Fig. 88, 89, 114, 115 u. 120 sehen wir in der Äquatorialplatte nur ein einziges „Chromatinsegment“, um den von KÜHN eingeführten neutralen Terminus zu verwenden. In den Fig. 91, 92, 94—98, 101, 102, 121 u. 122 sehen wir nach erfolgter Längsspaltung auch nur j e e i n C h r o m a t i n s e g m e n t einer Tochterplatte und damit jedem Tochterkern zugeteilt.

Man könnte daraus den Schluß ziehen, daß die Normalzahl 1 sei, daß es sich also in *Ochromonas granularis* um einen e i n-

chromosomigen Organismus handle, wie das scheinbar KÜHN und SCHUCKMANN für Trypanosomen annahmen, als sie dort keine individualisierten Chromosomen entdeckten.

Dagegen sprechen ganz entschieden die Figuren, in denen deutlich zwei nebeneinander liegende Chromosomen in Äquatorial- und Tochterplatten zu erkennen sind. Das ist schon in der Äquatorialplatte der Fig. 90 Taf. 8 zu erkennen. Auch aus den Fig. 124 u. 125 der Taf. 9 ist Zweizahl der Chromosomen zu vermuten. Einen definitiven Beweis liefert aber die Fig. 126, wo die Chromosomen deutlich gesonderte Paare bilden, denen sich das Bild der Anaphase in Fig. 119 als weiterer Beleg anschließt.

Wo nur ein Chromosom in der Äquatorialplatte in den Präparaten erscheint, möchte ich dies auf die Wirkung der Eisenhämatoxylinfärbung zurückführen, worauf ich oben schon (S. 182) hinwies. Diese hat oft die Eigenschaft nahe beieinander liegende getrennte Gebilde miteinander zu verschmelzen. Ich bin geneigt anzunehmen, daß, wären jene Präparate mit GIEMSA gefärbt, sie deutlich 2 Chromosomen zeigen würden.

So nehme ich jetzt an, daß bei *Ochromonas granularis* die Normalzahl der Chromosomen 2 ist. Die 4 Chromatinkörper in Fig. 111 u. 116 verschmelzen in der Prophase nach dieser Annahme zu 2 Chromosomen, während Fig. 104 in der Telophase eine Zerlegung jedes Chromosoms zunächst in 2 Teilstücke vor dem Zerfall in die kleinen Partikel des Außenkernes darstellen würde.

2. Das Caryosom.

Wie bei allen Caryosomkernen ist auch beim *Ochromonas* Kern die Frage zu erörtern, wo das Chromatin der Chromosomen herstammt, ob an deren Aufbau nur die färbbare Substanz des Außenkernes beteiligt ist, oder ob Bestandteile des Caryosoms daran Anteil haben.

An sich ist ja diese Frage ohne größere theoretische Bedeutung. Da es sich im Aufbau des Kernes dieser Protozoen um kolloidale Substanzen handelt, können alle möglichen für uns schwer kontrollierbaren räumlichen Vereinigungen und Durchmischungen vorkommen. Es gibt keine theoretischen Vorstellungen, welche es wichtig erscheinen lassen könnten, daß das Chromatin da oder dort im Protistenkern lokalisiert wäre. Es gilt nur das tatsächliche Verhalten der Substanzen festzulegen, die Gesetzmäßigkeiten, die sich dabei zeigen, zu klären und mit einer klaren Terminologie zu beschreiben.

Was die Terminologie anlangt, so scheint es mir geeignet, nachdem Verschiedenheiten der Binnenkörper wohl sicher vorkommen, den Namen „Caryosom“ für solche Binnenkörper zu reservieren, welche kein Chromatin enthalten, also in der Hartmann'schen Ausdrucksweise wesentlich die lokomotorische Komponente des Kernes enthalten. Jollos hat 1917 in seiner Arbeit zur Morphologie der Amöbenteilung das schon vorgeschlagen. Mir scheint es richtig, das definitiv zu tun.

Eine ganze Anzahl von Arten von Protisten zeigt im Kern einen Binnenkörper, der tatsächlich dieser Definition entspricht, und so scheint es richtig zu sein, diesen Typus durch einen besonderen Namen von den anderen Typen von Binnenkörpern zu scheiden.

Damit würde eine klare Basis für die Untersuchung dieser anderen Binnenkörper geschaffen. Diese verdient energisch in Angriff genommen zu werden; denn es scheint da verschiedene Typen zu geben. Jollos hat in der eben zitierten Arbeit durch die Untersuchung der Kernteilung von *Hartmanella aquarum* auf einen wichtigen zweiten Typus hingewiesen und ganz richtig auf die Beziehungen zum Kern der großen Amöben der Gruppe von *Amoeba proteus* hingewiesen. Hier bei diesen Formen scheinen mir die Beziehungen des Chromatins zu Außenkern und Binnenkörper noch nicht vollkommen geklärt zu sein. Ich hoffe in meiner endgültigen Publikation über meine Untersuchungen über die Fortpflanzung von *Amoeba proteus* auf diese Probleme zurückzukommen.

Zur Klärung dieser ganzen Fragen wird es wichtig sein, daß wir uns klar werden, bei welchen Formen nun wirklich Caryosome der vorhin definierten Art vorkommen.

Soweit wir bisher überblicken können besitzen unter den Mastigophoren die bisher untersuchten Chrysomonadinen typische Caryosomkerne. Das ist für mich ein Grund gewesen, sie für niedrig stehende Organismen zu halten. Wie wir oben sahen, muß die Feststellung echter Chromosomen bei ihnen diese Annahme wieder zweifelhaft machen, bis wir genauer über das Vorkommen echter Chromosomen bei dem gesamten Stamm der Protozoen unterrichtet sind und bis Klarheit über die Bedeutung der Querteilung und Längsteilung der Chromatinsegmente bei solchen erreicht ist. Weiter sind die Phytomonadinen Formen, bei den sich Caryosomkerne haben nachweisen lassen.

Die Cryptomonadinen, Dinoflagellaten und Eugleniden haben offenbar alle Kerne von komplizierterem Bau, der meist noch

nicht klar durchschaut ist. Doch sind bei manchen von ihnen auch typische Caryosomkerne nachgewiesen.

Unter den Rhizopoden kommen Caryosomkerne der Mehrzahl der Bistadiiden zu; sie scheinen auch bei einer Anzahl der kleineren Amöben, denen begeißelte Stadien fehlen, vorzukommen. Von den meisten größeren Amöben kennen wir die Konstitutionen der Kerne noch zu wenig, um bestimmte Aussagen machen zu können. Von den Heliozoen scheinen manche Protomyxideen Caryosomkerne zu besitzen. Unter den Foraminiferen haben einige der Monothalamien ähnliche Kernverhältnisse, aber auch hier verfügen wir noch kaum über kritische Kernuntersuchungen.

Als Caryosome wären demnach solche Binnenkörper von Kernen zu definieren, welche chromatinfrei sind, nur die Bewegungssubstanz enthalten, welche bei der Kernteilung sich in die Spindel umwandelt und so zur Teilung in 2 Tochterkerne und zur Verteilung der Träger der Erbsubstanzen, der Chromosomen, auf diese, die nötige Bewegungsenergie liefern.

3. Spindel.

Das Verhalten des Kernes bei *Ochromonas granularis* liefert keinen absolut einwandfreien Beweis für die Entstehung der Spindel der Teilungsfigur ausschließlich aus der Substanz des Caryosoms. In Analogie mit anderen ähnlichen Kernen darf man aber die beschriebenen Phasen wohl als Wahrscheinlichkeitsbeweis für eine solche Entstehung ansehen. Somit dürften hier ähnliche Gesetze wirksam sein, wie sie Kühn für die Spindelbildung bei seiner *Vahlkampfia* nachgewiesen hat.

Auch bei *Ochromonas* beruht die Ausbildung der Polarität der Teilungsfigur und die Trennung der Spindelpole auf autonomen Vorgängen in der Binnenkörpermasse. Auch hier wächst die Spindel, sie wächst dabei in die Länge und die von mir beobachteten Bilder machen durchaus eine Stemmwirkung auf die Tochterkernanlagen wahrscheinlich. Aus der Tatsache, daß die Basalkörner sich an die Spindelpole anlegen, dürfen wir den Schluß ziehen, daß auch über die Pole hinaus, die Substanz der Spindel in der Polregion als Energiezentrum wirkt. Wir werden das gleich nachher genauer erörtern.

Alles was wir bei der Beschreibung der Kernteilung von *Ochromonas* von Vorgängen an der Spindel kennen lernten, weist darauf hin, daß sie aus einer kolloidalen Substanz besteht, deren Konsistenz in den verschiedenen Phasen des Vorgangs sich ändert.

Es folgen Zustände der Verdichtung und Verflüssigung aufeinander. Gerade bei *Ochromonas granularis* waren solche Änderungen gut zu verfolgen.

So sind offenbar die Anfangsstadien der Spindelbildung, also Fig. 112, 113, auch 114, 115, ebenso die späteren Stadien Fig. 120 bis 127, ferner die entsprechenden der Taf. 8, also Fig. 88--92, 101 u. 102, Zustände in denen das Quellen in der Spindelsubstanz fortschreitet. Dieser Vorgang stellt sich als eine Längsstreckung der gesamten Substanz der Spindel dar. Dabei ist bemerkenswert, daß einzelne Teile der Substanz eine selbständige Längsstreckung durchführen können, wodurch Spindelfasern oder Zentralfäden entstehen. Diese Fähigkeit nur in linearer Weise und zwar bipolar gerichtet sich auszudehnen, ist sehr charakteristisch für gewisse Kolloide in organischen Körpern. Wir werden eine ähnliche Bewegungsform später auch für die Basalkörner zu erörtern haben. Die Quellung geht offenbar unter Flüssigkeitsaufnahme aus der Umgebung vor sich. Daß später, während der Endphase der Teilung wieder zahlreiche Vakuolen um die Reste der Spindel sich bilden, weist vielleicht auf eine Ausscheidung von Flüssigkeit aus ihr hin.

Eine nicht gelöste und bisher kaum erörterte Frage ist die nach den Ursachen der kegelförmigen Zuspitzung der Polkegel. Wir wissen, daß bei manchen Spindeln keine solchen Kegelbildungen vorkommen. Wir finden breit abgestumpfte Spindeln bei Pflanzenzellen, bei vielen Richtungsspindeln, bei Reifungsteilungen tierischer Eier und bei manchen Protozoen, so z. B. Thalamophoren, so *Arcella* und anderen Formen (manche davon nach eigenen Untersuchungen). Durchweg gilt dies für die Spindeln der Amöben und Vahlkampfien, für *Pyxidicula, Rhizochrysis, Noctiluca, Actinosphaerium.* Es genüge die Aufzählung dieser Formen.

Bei den Reifungsspindeln hat man die breiten Enden der Tonnenform wohl meist auf das Fehlen von Centrosomen und Centriolen zurückgeführt. Das ist wohl auch durchaus berechtigt, wenigstens, wenn wir es so fassen, daß bei Kernen mit Centrosomen oder Centriolen die Spindelenden, der allgemeinen Strahlung auf diese Centren folgend, sich in Kegelform auf sie einstellen.

Wenn im Kern ein Centriol sich teilt und zu einem Stab auswächst, der in der Mitte der Spindel liegt, so wäre von dieser Bildung eine Wirkung auf die Spindel zu vermuten, welche polbestimmend wäre.

Nun ist aber bei *Ochromonas* und anderen Protozoen eher das Gegenteil zu beobachten. Der zentrale Strang bildet sich offenbar

durch Verdichtung erst in späteren Stadien der Streckung der Spindel.

Für *Ochromonas* scheint mir die einzige Deutung der Entstehung der zugespitzten Spindel in einem Einfluß der Kernmembran zu liegen. An dieser scheinen sich die Enden des gestreckten Caryosoms anzuheften. Dann könnten vorläufig nicht genauer zu analysierende Spannungen auf die Spindelsubstanz einwirken.

Für die spitzen Spindeln der Pflanzenzellen, die ohne Centriol und Centrosoma entstehen, ist damit natürlich der Vorgang so rätselhaft geblieben, als er es bisher noch immer war.

Eine Rolle dabei spielt sicher die Fähigkeit von Substanzkörnern, sich autonom längs zu strecken und so das Bild zuerst einer Hantel, dann eines Stabs entstehen zu lassen, wie es immer für Centriole und ihre Centrodesmose beschrieben wird.

Daß Quellungsdruck bei der Spindelbildung eine wichtige Rolle spielt, ist wohl kaum zu bezweifeln.

4. Basalkörner.

Auch das Verhalten der Basalkörner verdient eine genauere Erörterung, vor allem ihre Beziehungen zur Teilungsspindel. Die Ähnlichkeit dieser Gebilde in Aussehen und Verhalten mit Centriolen ist unverkennbar. Inwiefern sie aber solchen gleich zu setzen sind, ist eine Frage, die eingehende Durcharbeitung verdient.

Eine wichtige Übereinstimmung der Basalkörner mit Centriolen und Centrosomen ist auf alle Fälle ihre selbständige Teilungsfähigkeit; sie teilen sich autonom wie jene, wie Chromosomen, Blepharoplaste, Chromatophoren usw. Damit gehören sie zu den Bildungen, welche durch Vererbung übertragen werden. Von den Chromosomen unterscheiden sie sich aber darin, daß sie verschwinden und neu entstehen können. Was heißt das?

Untersuchen wir genauer die Substanz, aus der sie bestehen, speziell bei *Ochromonas*. Hier sehen wir die Geißeln direkt in sie übergehen; Geißeln wachsen aus den Basalkörnern hervor. Wir sehen das Gebilde bald kugelförmig, bald sich zu einem Stäbchen ausziehen. Dieses Stäbchen zieht nicht selten als Strang zum Kern. In manchen Individuen traten mehrere solche Stränge auf, die um die Kernmembran herumfassend ein Dreieck oder eine Pyramide bildeten.

In ihrem ganzen Verhalten erinnert ihre Substanz an diejenige der Geißel selbst. Sie sieht aus wie sehr dichtes Protoplasma. Offenbar handelt es sich auf alle Fälle um eine sehr zähflüssige

kolloidale Substanz. Das geht aus den Teilungsbildern hervor, wobei das Basalkorn sich in die Länge streckt, Stabform, dann Hantelform annimmt, schließlich kugeln sich beide Enden der Hantel ab; die Abkugelung findet ihren Abschluß nach der Trennung der beiden Tochterbasalkörner. Das sind alles Zustände, welche auf Zusammensetzung aus einer zähflüssigen Substanz hinweisen.

Aber aus was besteht diese Substanz? Ist sie lebend oder tot? Ist sie Plasma selbst oder ein Produkt des Protoplasmas? Wir stehen da vor ungelösten Grundfragen. Daß die Basalkörner wachsen und sich teilen, gehört zu jenen Vorgängen, die wir als besonders charakteristisch für das Lebendige betrachten.

Aber offenbar besitzen sie nicht die Kontinuität, welche für das Lebendige das wichtigste Kennzeichen ist. Sie können verschwinden, sich auflösen z. B. bei der Cystenbildung; sie können wieder neu entstehen. Darin gleichen sie vollkommen den Geißeln selbst. Ob das auch für die Centrosomen der Metazoenzellen gilt, ist bekanntlich eine strittige Frage.

Nach meinen Erfahrungen an den Rhizopodien der Foraminiferen bin ich geneigt, die Substanz der Basalkörner und damit der Geißeln mit der Achsenfadensubstanz von jenen zu vergleichen. Wie bei jenen sind auch hier die Zustände reversibel. Allerdings ist gerade bei den Geißeln der Chrysomonaden die Neigung abzufallen und zugrunde zu gehen, statt sich mit dem Protoplasma wieder zu vereinigen, bemerkenswert. Das weist darauf hin, daß mancherlei Übergänge zwischen dem Protoplasma und seinen Produkten vorkommen. Es scheint Protoplasmaprodukte zu geben, welche schon chemische Veränderungen von ihm darstellen, aber sehr leicht wieder assimiliert werden können. Membranen, Achsenfäden, Basalkörner scheinen dahin zu gehören. Diese Beziehungen verdienen an geeigneten Objekten eingehende Untersuchungen.

Theoretisch wichtig sind weiter meine Beobachtungen über die Beziehungen der Basalkörner der Geißeln bei *Ochromonas granularis* zu den Spindelpolen. Zunächst schildere ich das, was zu beobachten war. Die Teilungsvorgänge an Basalkörnern und Geißeln habe ich oben schon beschrieben. Wir können aus den beobachteten Tatsachen entnehmen, daß die Basalkörner sich als unabhängige Gebilde zu teilen vermögen. Wir sehen sie sich strecken, eine Hantel bilden und sich schließlich voneinander trennen und damit 2 selbständige Gebilde entstehen. Im Leben ist dies nicht im einzelnen verfolgt worden, aber aus Serien zahlreicher, sorgfältig angefertigter Präparate kann es mit großer Sicherheit erschlossen werden.

Die Fig. 105—110 (Taf. 9) zeigen uns sehr klar, wie diese Teilungsvorgänge ablaufen können, ohne daß im Kern von ihnen etwa beeinflußte Änderungen sich bemerken lassen. Ich meine damit solche Änderungen, wie sie etwa von Centrosomen auf Kerne bei Metazoen ausgeübt werden, also eine Polarisation. Daß gewisse Wechselbeziehungen überhaupt vorliegen müssen, geht ja daraus hervor, daß während der Teilung der Basalkörner im Kern die Prophase der Kernteilung beginnt. Das zeigt sich, wie wir sahen, an einer Vergrößerung des ganzen Kerns, des Caryosoms und an Änderungen der chromatischen Substanz.

Wie wenig aber die Spindelbildung selbst von der Teilung und Lage der Basalkörner der Geißeln beeinflußt sein kann, zeigen die Fig. 112 u. 114 der Taf. 9. In diesen beiden Abbildungen zeigt sich das Basalkorn schon geteilt. Zwei Basalkörner liegen schon vollkommen getrennt in geringem Abstand nebeneinander. Die Spindel dagegen liegt dicht neben ihnen, parallel der sie verbindenden Linie, zeigt sich schon deutlich polarisiert, ohne daß die Basalkörner irgendwie mit den Polen zusammenhängen. Fig. 119 ist ein klarer Beweis dafür, daß die Spindelbildung, ja die Chromosomenteilung ein gut Stück fortgeschritten sein kann, ohne daß die Basalkörner irgendeine morphologisch erkennbare Beziehung zu ihr genommen haben.

Diesen Anfangsstadien stehen Bilder gegenüber, in denen jeweils die Basalkörner den Pol der Spindeln einnahmen. Ich habe eine ganze Anzahl solcher Stadien dargestellt, welche zum Teil in den Spindeln nicht weiter entwickelt sind, als die bisher beschriebenen Beispiele. Ich weise auf Fig. 88, 89, der Taf. 8, Fig. 115 der Taf. 9 und besonders auf Fig. 113 hin. Hier haben wir noch eine kurze Spindel mit Äquatorialplatte vor uns, an deren Polen die Basalkörner mit ihren Geißelpaaren ansitzen, als gehörten sie seit jeher dazu. Dabei besitzen die Basalkörper meist die charakteristische Stabform, welche sie bei den ruhenden Individuen von *Ochromonas* aufzuweisen pflegen.

Einige der Präparate ermöglichen nun den Weg zu verfolgen, den die Basalkörper bei ihrer Wanderung an die Spindelpole einschlagen. Fig. 111 zeigt uns die Basalkörper, noch durch eine Desmose verbunden, dicht neben dem Kern liegend. In Fig. 112 sind sie schon getrennt, aber noch in gleicher Lage. Bemerkenswert sind die Fig. 114 u. 119, wo die Basalkörper noch nahe beieinander liegen, während die Spindeln in der Entwicklung schon ein gut Stück fortgeschritten sind.

Demgegenüber sitzen sie in Fig. 113 noch in Stäbchenform im

rechten Winkel zur Spindelachse an deren Polen. Diese senkrechte Stellung zur Spindelachse bemerken wir auch noch in späteren Stadien, so Fig. 121. In solchen sehen wir allerdings meist die Basalkörner direkt eine Fortsetzung der Spindelachse bilden oder doch annähernd ihr parallel liegend. Die Stellung der Basalkörper scheint von der Schlagrichtung der Geißeln abzuhängen. (Vgl. die verschiedenen Stellung beider Basalkörner in Fig. 121, wobei die eine Geißel und ihr Basalkorn offenbar noch nicht ihre definitive Stellung eingenommen haben. Sehr charakteristisch sind die Abbildungen in den Fig. 125 u. 126.)

Während der Telophase der Kernteilung trennen sich die Basalkörper mehr oder weniger vom Spindelpol. Es kommt vor, daß einer noch in Pollage an seinem Tochterkern liegt, während der andere mehr oder weniger weit sich von ihm entfernt hat (Fig. 94 Taf. 8), ja es kann der eine sogar schon seitlich von ihm entfernt sein (Fig. 100).

Vielleicht kann eine genaue Untersuchung der Funktionen dieser Basalkörner, der Energien, die mit ihnen zusammenhängen und ein Vergleich mit den entsprechenden Vorgängen bei Centriolen und Centrosomen uns einen Weg zu einem tieferen Eindringen in ihr Wesen öffnen. Das eigenartige am Verhalten der Basalkörner von *Ochromonas* ist die Beziehung, in der sie, nach ihrer Teilung, sekundär zu den Polen der Teilungsspindel des Individuums treten, zu dem sie gehören. Kommt ähnliches sonst noch vor, bei Protisten und bei vielzelligen Organismen? Es ist das tatsächlich bei einer Reihe von Organismen schon beobachtet worden.

Wir wollen zuerst das Auftreten eines Zentralkornes bei den Heliozoen erörtern, weil hier die funktionelle Bedeutung dieses Gebildes recht klar zu sein scheint. In der ruhenden *Acanthocystis* laufen die Achsenfäden der Pseudopodien in einem Zentralkorn zusammen. So bekommt dieser Organismus eine ausgesprochen sternförmige Gestalt. Ähnliche Zentralkörner und in ihnen zusammenlaufende Achsenfäden von Pseudopodien finden wir noch vielfach bei einkernigen Heliozoen, bei denen stets der Kern eine seitliche Lage aufweist. Bei *Actinophrys sol* dagegen, auch einer einkernigen Heliozoe, legen sich die Achsenfäden der Pseudopodien an der Kernmembran an. Bei *Actinosphaerium Eichhorni*, der vielkernigen Form, enden die Achsenfäden der Pseudopodien frei im Protoplasma. Nach Analogie der Vorgänge im Plasma von anderen Rhizopoden, von Heliozoen und Foraminiferen, haben wir wohl ein Recht, die Achsenfäden als Plasmaverdichtungen anzusehen, welche dem flüssigen

Protoplasma der Pseudopodien als Stützen dienen. Einerlei, ob wir sie als eine Phase des Protoplasmas oder als ein Umwandlungsprodukt dieser Substanz ansehen, sicher ist, daß sie aus dem Protoplasma stammen und in solches in kurzer Zeit sich zurückverwandeln können.

Auch hier scheinen die Zentralkörner aus einer ähnlichen Substanz zu bestehen. Auch bei den Heliozoen sind sie autonom teilbare Gebilde. Auf ihre Herkunft aus dem Kern brauchen wir hier nicht näher einzugehen.

Bei der Körperteilung von *Acanthocystis* teilt sich das Zentralkorn in der üblichen Weise unter Hantelbildung und gewinnt erst nachträglich Beziehungen zu der auch hier unabhängig von ihm entstandenen Kernspindel. Daß die beiden durch Teilung entstandenen Tochterzentralkörner sich dabei ganz regelmäßig an die Pole der Spindel begeben, weist aber ganz entschieden auf Kräfte hin, welche die Bewegungen im Plasma beherrschen und sie an die Spindelpole zwingen.

Nach den Abbildungen Schaudinn's weichen die Tochterzentralkörner stark auseinander ehe sie Beziehungen zur Kernteilungsspindel gewinnen. Sie weichen aus dem Zentrum des Acanthocystiskörpers heraus. Damit wird einmal der zentrale Raum für den bisher abseits liegenden Kern frei; vor allem verschwinden die Achsenstrahlen, welche ihn bisher zur Seite drängten.

Auch sonst muß die energetische Situation im Zentrum der *Acanthocystis* sich geändert haben. Die auseinander weichenden Zentralkörner entsenden jedes für sich eine Sonne von Strahlen in das Protoplasma, welche auf dieses ordnend einwirkt. Offenbar sind es auch die Zentren verbindenden Strahlen, die durch eine Stemmwirkung die Zentren voneinander entfernen. Nach den Bildern Schaudinn's scheint der von seiner Membran stets umgebene Kern in Gestalt einer stark abgeplatteten Kugel erst dann zwischen die Zentralkörner sich einzufügen, wenn diese eine gewisse Entfernung voneinander erreicht haben.

Ebenfalls nach den Bildern Schaudinn's erstrecken sich dann die von den Zentralkörnern ausstrahlenden Fäden bis in die Region seitlich vom Zentrum des Körpers, in welcher der Kern bis dahin lag. Wir dürfen annehmen, daß diese von den Zentren auswachsenden Strahlen ebenfalls eine stemmende Wirkung haben. Wir können uns dann vorstellen, daß sie auf den im flüssigen Protoplasma schwimmenden Kern einen Druck ausüben.

Dieser wird von zwei Seiten auf dessen Oberfläche wirken. So kann er genötigt werden, in der Richtung des geringsten Widerstands auszuweichen. Wir können annehmen, daß dies die Region in der Mitte des Acanthocystiskörpers ist, aus der die Zentralkörner ausgewandert sind. Diese scheinen nach den Abbildungen in das Stadium gelangt zu sein, in welchem Substanz auf sie zuwandert und sich an ihnen konzentrisch sammelt. So wäre die günstigste energetische Situation geschaffen, um das Einschlüpfen des Kerns in die äquatoriale Region zu ermöglichen, ja vielleicht zu erzwingen. Es ist eine Region des Potentialgefälles entstanden, in welcher der Druck geringer ist als in der ganzen Umgebung.

Für die Orientierung des polar abgeplatteten Kerns zwischen die Zentren können die von diesen ausgehenden Substanzbewegungen im Zusammenwirken mit den Formwirkungen seiner Oberfläche verantwortlich gemacht werden.

So kommen richtende Wirkungen der Zentren, polare Anordnungen zustande, ohne daß ein wesentlicher bedingender Zusammenhang der Kernteilungsvorgänge mit den die Polarisation in den Acanthocystiskörper erzielenden Vorgängen an den Zentralkörnern vorläge.

Die Teilung des Kerns geht auch weiter ohne direkten Einfluß der Zentralkörner vor sich; sie haben Wirkung nur auf die Polarität der Körperteilung und bestimmen wiederum bei der Bildung der Tochtertiere deren Mittelpunkt und die Lage der Tochterkerne.

Ähnliche Vorgänge sind außer bei *Ochromonas* auch bei anderen Mastigophoren beobachtet worden. So haben Hartmann u. Chagas sie bei *Spongomonas* beschrieben (1907).

Entsprechende Beziehungen wie bei Protozoen liegen auch zwischen Zentralkörnern und Teilungsspindeln in Metazoenzellen vor. Und zwar sind solche besonders bei der Spermatogenese beobachtet worden, was nahe liegt, da die Spermatozoen in ihrem Bau vielfach Mastigophoren ähneln.

Auch hier sehen wir Basalkörner von Geißeln sich selbständig teilen und mit ihren Geißeln nachträglich sich an einen Kern anlegen, wobei sie auf ihrer Wanderung je einen Pol des sich teilenden Kernes einnehmen. Sehr charakteristische derartige Bilder gibt z. B. Meves für die erste Reifungsteilung der apyrenen Spermien von *Pygera bucephala* (Meves, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 61. 1903 Taf. 6. Fig. 121—126). Dabei zeigt sich aber als wesentlicher Unterschied gegenüber den von Protozoen geschilderten Fällen, daß die Polarisierung des Kernes erst beim Herantreten der Basalkörner an die beiden Seiten des Kernes erkennbar wird. Hier bleibt die Frage

offen, ob die Pole des Kernes es sind, welche die Basalkörner anziehen, oder ob jene als Centriole die Pole des Kernes bestimmen, durch ihr Herantreten die Polarität der Kernspindel erzeugen.

Jedenfalls sind die Beispiele bei Heliozoen und vor allem bei Flagellaten geeignet, die Beweise für die Annahme zu verstärken, daß die Spindelpole ein Energiezentrum sind. Ich halte die Meinung für wahrscheinlicher, welche die Strahlen um ein Protoplasma von Spindelpolen für den Ausdruck einer Bewegung gegen die Spindelpole ansieht. Meine Beobachtungen über die Wanderung der Basalkörner mit ihren Geißeln an die Pole würden die Annahme, daß die Spindelpole Attraktionszentren sind, sehr stützen.

Denn, daß die Basalkörner selbst keine Eigenbewegung besitzen, das zeigen ihre passiven Wanderungen im amöboiden Ochromonadenkörper. Da können sie an die verschiedensten Stellen im flüssigen Plasma verschoben werden, wobei das Plasma sie mitnimmt, indem es dahin oder dorthin strömt.

Alle diese Tatsachen und Überlegungen weisen darauf hin, daß die Basalkörner der Geißeln tatsächlich eine große Ähnlichkeit mit Centriolen zeigen. Ehe wir sie aber mit solchen identifizieren können, müßte deren Natur, Leistung, Entstehung und Kontinuität genauer untersucht werden, als es bisher der Fall ist. Wie viel ist als Centriol beschrieben worden, was sicher keines war. In vielen Fällen wissen wir nicht, ob mit dem Namen Centriol bezeichnete Gebilde irgendetwas mit solchen zu tun haben.

Die kleinsten Tröpfchen kolloidaler Substanz, denen die Centriole in ihrem Aufbau entsprechen, kommen ja im Protoplasma unter den verschiedensten Verhältnissen vor, können von ganz verschiedener chemischer Zusammensetzung sein, ihre Vergangenheit und Zukunft kann eine ganz verschiedene sein.

So scheint es mir nötig den Begriff eines Centriols erst ganz genau festzulegen, ehe wir das Centriol mit anderen Gebilden des Zellkörpers weitgehend vergleichen oder gar solche mit ihnen identifizieren.

h) Cyste und Cystenbildung bei *Ochromonas granularis* Dofl.

Ich gedenke in nachfolgenden Abhandlungen genauere Angaben über die eigenartige endogene Cystenbildung der Chrysomonadinen zu geben. Ich halte es aber für notwendig, schon in dieser Beschreibung von *Ochromonas granularis* ihre Cystenbildung zu schildern, da, je mehr ich mich mit den niederen Chrysomonadinen

beschäftige, mir immer mehr die Überzeugung kommt, daß zur vollkommenen Kennzeichnung einer *Chromulina*- und *Ochromonas*-Art die Kenntnis von deren Cyste gehört. Die Frage, ob die Cysten der niederen Chrysomonadinen spezifisch verschieden sind, ist allerdings erst noch zu diskutieren und durch sorgfältige Untersuchungen zu klären. Ich habe Anhaltspunkte dafür in Beobachtungen an verschiedenen Arten. Allerdings ist mir auch da eine Variabilität in Dimensionen und Gestalt der Cysten bei der gleichen Art entgegengetreten, welche einen bei der Speziesbestimmung ebenso unsicher machen könnte, wie das Studium der freien Chrysomonadinen, die in den niederen Gattungen in Dimensionen und Gestalt so außerordentlich variabel sind.

Bei *Ochromonas granularis* sehen wir die Individuen, welche sich zur Cystenbildung anschicken, sich abkugeln; fast stets sind solche außerordentlich reichlich mit Leucosin und Fett erfüllt. Oft ist das Chromatophor durch einen einzigen großen Leucosinballen ganz zur Seite gedrängt (Taf. 6 Fig. 35, 36). Im weiteren Verlaufe werden die Geißeln eingezogen, die kontraktile Vakuole verschwindet und es entstehen um den kugligen Körper eine Anzahl von Hüllen. Der Kern wird meist an eine Seite des Plasmakörpers verlagert.

Während des Aufbaus der Cyste schienen mir Fett und Leucosin abzunehmen. Fett tritt jedenfalls auch aus dem Körper aus und erfüllt die zarte Gallerthülle, welche als äußerste Schicht die sich bildende Cyste umgibt. Doch ist in den Cysten stets reichlich Fett enthalten, auch Leucosin läßt sich jedenfalls in frischen Cysten noch nachweisen; Volutin fand ich auch in einer Gruppe feiner Körnchen oder größerer, eckiger Klumpen am vorderen (Mündungs-)Pol.

Bei *Ochromonas granularis* habe ich nicht alle Einzelheiten des Cystenbildungsvorganges beobachten können. So will ich hier nur kurz dessen wichtigste Phasen schildern. Um den sehr regelmäßig abgekugelten Körper scheiden sich eine ganze Anzahl Schichten aus, deren Zahl von 2—5 zu variieren scheint. Eine davon verkieselt und tritt allmählich immer schärfer als dunkle Linie im mikroskopischen Bild hervor. Sie ist nächst der Kontur des Plasmakörpers die innerste Grenzlinie, welche diesen umgibt. Zunächst liegt der Plasmakörper der Kieselcyste dicht an. Allmählich nimmt aber unter Flüssigkeitsverlust sein Umfang ab und er wird im Innern der Cyste zu einem kugligen oder halbkreisförmigen Körper, der meist an einer Stelle der Cystenwand anliegt.

Für die Chrysomonadinencysten ist außerordentlich charakteristisch, daß ein Teil des Protoplasmas bei der Bildung der Cyste

aus dieser ausgeschlossen wird. Sie liegt dann als Hülle um die Kieselhülle herum. Diese letztere wird in dieser Umhüllung allmählich dicker.

Vor allem ist auffallend eine Anhäufung von Protoplasma an einer Stelle der Oberfläche der Cyste. Es ist dies die Region, wo sich die eigenartige Mündung der Chrysomonadinencyste bildet. Fig. 39 zeigt diese Plasmaanhäufung schon in einem sehr verkleinerten Zustand. Auch ist bei *Ochromonas granularis* die Gesamtmasse des Außenplasmas nicht so mächtig, wie bei anderen Chrysomonadinen, bei denen ich in einer späteren Abhandlung die Cystenbildung mehr im einzelnen werde schildern können. Die Dünne der äußeren Plasmahülle ist bei *Ochromonas granularis* zum großen Teil dadurch bedingt, daß diese Art auf der Außenseite der Cyste keine Stacheln bildet.

Merkwürdige pseudopodienähnliche Fortsätze gehen oft von der Plasmaansammlung an der einen Stelle der Oberfläche aus: (Fig. 37). Hier entsteht allmählich das Mündungsröhrchen der Cyste mit seinem verdickten Rand. Im Anfang der Bildung ist das Mündungsröhrchen und seine Ausbildung schwer zu erkennen und zu verfolgen, da es oft halb nach oben ragt, je nach der Lage der entstehenden Cyste und zunächst sehr kurz ist. Besonders eigenartig ist die Entstehung des cylindrischen Verschlußpfropfens der Mündungsröhre, der wie die Hülle aus Kieselsäure besteht. Ist die Mündungsröhre mit ihren Skulpturen, der Pfropfen fertig und fest in der Mündung eingefügt, so verschwindet allmählich das Außenplasma vollkommen. Reste der Gallerte können der Cyste noch äußerlich anhaften.

In diesem wohl verschlossenen Zustand kann der Inhalt der Cyste eine längere Austrocknung aushalten. Nach erfolgter Benetzung erfolgt das Ausschlüpfen des Individuums aus der Mündung, dessen Pfropfen abgefallen ist.

Teilungen des Inhalts in der Cyste habe ich nie beobachtet, auch keine Kernteilungen; eine einheitliche *Ochromonas* entschlüpft nach der Ruhezeit der Cyste.

Die Maße der Cyste sind folgende:

Durchmesser 7 μ
Länge des Mündungsröhrchens 1 μ
Breite „ „ 2 μ
Länge des Pfropfens 2 μ
Breite „ „ 2 μ
Dicke der Wand der Cyste 0,5 μ.

In manchen Fällen konnte ich frisch aus den Cysten geschlüpfte *Ochromonas granularis* beobachten. Sie waren klein, gleichmäßig in der Größe, alle kuglig. Sie maßen 4,6 bis höchstens 9 *u* im Durchmesser. Schon am vierten Tag nach der Benetzung hatten sich große Mengen von Individuen entwickelt, viele Hunderte. Alle zeigten in der Mitte einen kugligen Leucosinballen, am Rand um diesen konzentrische Reihen von Fetttropfen. Die Chromatophoren waren sehr blaß und klein, kaum sichtbar. Die kontraktilen Vakuolen waren deutlich und funktionierten. Vermehrungsstadien waren bald in großer Zahl vorhanden.

Literaturverzeichnis.

Cienkowsky: Über Palmellaceen und einige Flagellaten. in: Arch. f. mikr. Anat. Bd. 6 1870 p. 421.

Conrad, W.: Contributions à l'étude des Flagellates. I. 1. Stades amiboïdes et palmelloides chez Mallomonas mirabilis avec un court aperçu sur la multiplication des Chrysomonadines 2. Mallomonas calva Massart n. sp. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 34 1914 p. 79.

Doflein, F.: Rhizochrysis. in: Zool. Anz. Bd. 47 1916 p. 153.

—: Studien zur Naturgeschichte der Protozoen. IX. Rhizochrysis, eine Übergangsform unter den niederen Protozoen. in: Zool. Jahrb. Abt. Anat. Bd. 40 1917 p. 383.

—: Die vegetative Fortpflanzung von Amoeba proteus Pall. in: Zool. Anz. Bd. 49 1918 p. 257.

—: Studien zur Naturgeschichte der Protozoen. X. Über Polytomella agilis Ar. in: Zool. Jahrb. Abt. Anat. Bd. 41 1918 p. 1.

Hofeneder, H.: Über eine neue kolonienbildende Chrysomonadine. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 29 1913 p. 293.

Iwanoff, L.: Beiträge zur Morphologie und Systematik der Chrysomonadinen. in: Bull. Ac. Imp. St. Pétersbourg Sér. 11 1899 p. 247.

Jollos, V.: Untersuchungen zur Morphologie der Amöbenteilung. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 37 1917 p. 229.

Klebs, G.: Flagellatenstudien. in: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 55 1893 p. 265.

—: Über die Organisation einiger Flagellatengruppen und ihre Beziehungen zu Algen und Infusorien. in: Unters. d. bot. Inst. Tübingen Bd. 1 1883 p. 233.

Kühn, A.: Untersuchungen zur kausalen Analyse der Zellteilung. I. Teil. Zur Morphologie und Physiologie der Kernteilung von Vahlkampfia bistadialis. in: Arch. f. Entwicklungsmech. Bd. 46 1920 p. 259.

Kühn, A. u. v. Wasielewski: Untersuchungen über Bau und Teilung des Amöbenkernes. in: Zool. Jahrb. Abt. Anat. Bd. 38 1914 p. 253.

Meyer, H.: Untersuchungen über einige Flagellaten. in: Revue Suisse de Zool. T. 5 1897 p. 43.

PASCHER, A.: Einige neue Chrysomonadinen. in: Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 27 1909 p. 246.

—: Flagellaten und Rhizopoden in ihren gegenseitigen Beziehungen. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 38 1917 p. 1.

—: Der Großteich bei Hirschberg in Nord-Böhmen. I. Die Chrysomonaden. Leipzig 1910.

RHUMBLER, L.: Die verschiedenartigen Nahrungsaufnahmen bei Amöben als Folge verschiedener Colloidalzustände ihrer Oberflächen. in: Arch. f. Entwicklungsmech. Bd. 30 1910 p. 194.

SCHERFFEL, A.: Notizen zur Kenntnis der Chrysomonadinen. in: Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 22 1904 H. 8.

—: Beitrag zur Kenntnis der Chrysomonadinen. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 22 1911 p. 299.

Tafelerklärung.

Die Figuren der Tafeln 6 u. 7 sind meist nach dem Leben gezeichnet; sie dürften meist in einer Vergrößerung von etwa 1500 dargestellt sein, d. h. mit ZEISS Ap. Imm. 1,5, Comp. Oc. 6. Von den Figuren der Tafel 7 sind die meisten nach dem Leben, einige nach Abtötung und Behandlung mit Osmiumsäure oder Sudan III gezeichnet, die Fig. 73—76 sind nach GIEMSA gefärbt, nach Fixierung mit SCHAUDINN'scher Sublimatlösung.

Die Tafeln 8 u. 9 enthalten ausschließlich Darstellungen von Objekten aus konservierten Präparaten. Sie sind alle mit alkoholischem Eisenhämatoxylin gefärbt, zum Teil nach Fixierung mit Osmiumgemischen, teils nach solcher mit SCHAUDINN'schem Sublimat. Die Figuren der Tafel 8 sind meist 1500 × vergrößert, die der Tafel 9 meist 2000 ×. ZEISS Ap. Imm. 1,5, Comp. Oc. 6 u. 12.

Buchstabenhinweise für sämtliche Tafeln.

Ae Äquatorialplatte, Av Aufnahmevakuole, B Basalkorn, Cv kontraktile Vakuole, Ch Chromatophor, F Fett, GrV große Vakuole, K Kern, Ka Caryosom, L Leucosin, M Mündungstrichter, Mz Membranzylinder, N Nahrungsvakuole oder Nahrung, Pf Cystenmündungspfropfen, Pl ectocystäres Plasma, Ps Pseudopodium, Rh Rhizoplast, Basalkörperstrang, Z Zentralstrang.

Tafel 6.

Alle Figuren *Ochromonas granularis* DOF. nach dem Leben.

Fig. 1—6. Verschiedene Bewegungsformen.

Fig. 7. Aufnahmevakuole mit kleinem Rhizopoden als Inhalt.

Fig. 8—13. Aufnahme verschiedener Nahrungskörper. (Fig. 8—9 zwei aufeinanderfolgende Stadien.)

Fig. 14—16. Besonders langgestreckte Individuen.

Fig. 17. Individuum mit großem Leucosinballen.

Fig. 18—20. Drei Stadien der Aufnahme eines Bakteriums durch weit vorgestreckte Aufnahmevakuole.

Fig. 21 u. 22. Individuen mit stark abgegrenzten Leucosinballen.

Fig. 23 u. 24. Formen mit rückgebildetem Chromatophor. Vorherrschen der tierischen Ernährung.



Fig. 25 u. 25a. Individuen mit ausgesprochen tierischer Ernährung. Fig. 25a Pilzfäden fressend.

Fig. 26–31. Teilungsstadien. Fig. 26 dreigeißeliges Stadium noch kugelig mit zwei Chromatophoren.

Fig. 27—31. Körperteilung.

Fig. 32—39. Stadien der Cystenbildung.

Fig. 32—35. Abkugelung. Vergrößerung der Leucosinkugel. Fig. 34 dreigeißeliges Stadium. Vorbereitung der Teilung; trotzdem noch emsig fressend. Cv kontraktile Vakuole.

Fig. 36. Beginnende Ausscheidung der ersten dünnen Cystenhülle.

Fig. 37. Stadium mit mächtigem extracystärem Plasmaanhang und deutlichem Verschlußpfropfen.

Fig. 38. Fertige Cyste mit noch sichtbarem Chromatophor und kugligem Leucosinballen.

Fig. 39. Fertige Cyste. Chromatophor unsichtbar. Extracystäres Plasma an der Mündungsröhre noch erhalten.

Tafel 7.

Die meisten Figuren stammen aus Kulturen mit Zusätzen von Nährsubstanzen.

Fig. 40. Stark vergrößertes Individuum aus Knop'scher Lösung + Pepton. Chromatophor verdoppelt.

Fig. 41 u. 42. Individuen aus gleicher Lösung. Chromatophoren groß. Großer Leucosinballen und viel Fetttropfen. Fig. 41 zeigt intensive tierische Ernährung.

Fig. 43 u. 44. Sehr große Individuen aus gleicher Kultur mit Verdoppelung der Chromatophoren.

Fig. 45–50. Individuen aus Traubenzuckerkulturen. Fig. 45—47 zeigen deutlich Verkleinerung der Chromatophoren. Blassere Färbung der Chromatophoren.

Fig. 50—55. Individuen aus Rohrzuckerkulturen. Verkleinerung der Chromatophoren. Größe der Leucosinballen.

Fig. 56—61. Exemplare aus Traubenzuckerkulturen. Verkleinerung des Körpers und der Chromatophoren. Fig. 56–59 frisch in Kultur gesetzt, Fig. 60 u. 61 nach längerem Verweilen in der Kultur.

Fig. 62—66. Mit Sudan III erzeugte Fettfärbung. Fig. 62, 64 u. 66 aus Traubenzuckerkultur, Fig. 63 aus Strohinfusion, Fig. 65 aus Knop-Liebig-Kultur.

Fig. 67 u. 68. Fettdarstellung durch Osmium in Individuen aus Zuckerkulturen.

Fig. 69. Beginnende Teilung mit reichlich Fetttropfen im Plasma.

Fig. 70—72. Enorme Leucosinentwicklung neben großen Massen von Fetttropfen.

Fig. 73. *Ochromonas granularis*, Giemsa-Färbung.

Fig. 74. Teilung, Endstadium. Giemsa.

Fig. 75. Gute Giemsa-Färbung eines Ruhestadiums.

Fig. 76. Teilung mit Spindel im Metaphasestadium. Giemsa.

Fig. 76a. Cyste mit großem Leucosinballen und reichlich Fett.

Tafel 8.

Ruhestadien und Kernteilung bei *Ochromonas granularis*.

Fig. 77 u. 78. Ruhekern, Geißelinsertion.

Fig. 79—84. Verschiedene Formen der Geißelinsertion. Kernbau.

Fig. 85—87. Geißel- und Basalkernteilung. Kernprophasen.
Fig. 88—90. Spindelbildung. Metaphasen der Kernteilung. Äquatorialplatten.
Fig. 91. Anaphase II.
Fig. 92. Anaphase III.
Fig. 93. Telophase.
Fig. 94. Anaphase IV zu Telophase.
Fig. 95. Etwas weiter vorgeschrittenes Stadium. Anaphase V.
Fig. 96. Telophase. Kernrekonstruktion.
Fig. 97 u. 98. Späte Anaphasen (IV).
Fig. 99. Endstadium der Teilung. Kerne rekonstruiert. Körperteilung im Gange.
Fig. 100. Späte Anaphase (V) mit spiralig gekrümmtem Spindelrest.
Fig. 101. Frühe Anaphase. Spaltung der Äquatorialplatte. Anaphase I.
Fig. 102. Weitere Anaphase I.
Fig. 103. Bildung einer neuen Geißel. Teilung des Basalkorns.
Fig. 104. Telophase mit je vier Chromatinsegmenten.

Tafel 9.

Stark vergrößerte Kernbilder.

Fig. 105. Ruhekern. Geißelverankerung.
Fig. 106. Prophase. Basalkornteilung.
Fig. 107. Prophase. Geißelvermehrung. 3 Geißeln.
Fig. 108. Prophase. Geißelvermehrung. 4 Geißeln.
Fig. 109. Prophase. Bildung von 2 Geißelgruppen zu je 2 Geißeln.
Fig. 110. Prophase. Basalkornteilung. 3 Geißeln.
Fig. 111. Prophase. 4 Chromatinsegmente. Quellendes Caryosom. 3 Geißeln.
Fig. 112. Metaphase. Äquatorialplatte. 2 Geißelpaare.
Fig. 113. Spindel mit Äquatorialplatte. 2 Geißelpaare an Spindelpolen.
Fig. 114. Metaphase. Äquatorialplatte. 2 Geißelpaare noch nicht an die Spindelpole gewandert.
Fig. 115. Metaphase mit Geißelpaaren und Basalkörnern an Spindelpolen.
Fig. 116. Prophase mit 4 Chromatinsegmenten. Spindel noch nicht gebildet.
Fig. 117. Prophase mit Teilung des Geißelstützapparates.
Fig. 118. Basalapparat der Geißeln.
Fig. 119. Anaphase. Spindel. Basalkörner und Geißeln noch nicht an den Spindelpolen angelangt.
Fig. 120. Metaphase mit einheitlicher Äquatorialplatte.
Fig. 121. Metaphase mit einheitlicher Äquatorialplatte. Längsspaltung.
Fig. 122. Anaphase I.
Fig. 123. Spaltung des Basalkorns. Centrodesmose.
Fig. 124. Anaphase I. Längsspaltung der 2 Chromosomen.
Fig. 125. Anaphase I—II. Chromosomen der Tochterplatten verschmolzen.
Fig. 126. Anaphase I mit deutlichen 2 Chromosomenpaaren.
Fig. 127. Anaphase IV mit Membrancylinder und Zentralstrang.

II. Über Chrysamoeba radians Klebs.

(Hierzu Tafel 10.)

Chrysamoeba radians Klebs.

Chrysamoeba radians ist zuerst von Klebs gesehen und beschrieben worden. Der Körper wird als während der Bewegung dick eiförmig, mit einer Geißel versehen geschildert. Zeitweilig tritt sie in Form einer „Amöbe“ mit feinen ringsum ausstrahlenden Pseudopodien auf. Sie soll zwei Farbstoffplatten besitzen, 2—3 kleine kontraktile Vakuolen, eine größere konstante Vakuole; ein Stigma fehlt. Klebs fand sie an einer Fundstelle bei Basel in größerer Menge. Er sagt von ihr: „Sie entspricht in ihrem Wechsel von Amöben- und Schwärmzustand einer Mastigamöbe. Doch wurde nie eine Andeutung einer Aufnahme fester Nahrung beobachtet. In dem Amöbenzustand findet eine ganz langsame Vorwärtsbewegung statt; während derselben bleibt die Geißel stets erhalten. Von Teilungszuständen habe ich nur weit vorgeschrittene gesehen, wobei die amöbenartigen Sprößlinge noch durch einen Faden in Verbindung standen.“

In seinen Abbildungen finde ich zwei Abweichungen von dieser Beschreibung: 1. ist das Chromatophor offenbar auch hier, wie bei den meisten niederen Chrysomonadinen einheitlich; die Zweizahl ist nur vorgetäuscht durch die stärkere Färbung der Umschlagstellen, während der verbindende Strang ganz zart erscheint. Immerhin hat ihn Klebs in Fig. 1a angedeutet und auch in den anderen Figuren keine klare Trennung angegeben. 2. ist das eine amöboide Stadium Fig. 1b geißellos abgebildet. Ich möchte dies jetzt schon betonen, werde aber erst weiter unten darauf zurückkommen.

Ich lege Wert auf diese Feststellung, weil eine Form, welche ich im Jahre 1915 im Schwarzwald fand, diese Eigenschaften zeigt. Es scheint mir unwesentlich, ob die von mir beobachtete Form wirklich mit *Chrysamoeba radians* Klebs identisch ist. Jedenfalls handelt es sich um eine ihr außerordentlich ähnliche Form und gibt daher zu allerhand diese betreffenden Schlüssen Anlaß.

In den Abbildungen Fig. 28—30 der Taf. 10 sind die Skizzen nach dem Leben, die ich von meiner Schwarzwaldform anfertigte, dargestellt. Es sind 2 Bilder von begeißelten, beweglichen Individuen. Fig. 29 zeigt eine schlanke ovoide Form mit $^3/_4$ körperlanger Geißel, vorn gelegener kontraktiler Vakuole (cv), einem länglichen grüngelben Chromatophor und jenen charakteristischen stark lichtbrechenden Körpern im Protoplasma, welche Scherffel bei seiner

Form hervorgehoben hat (kö). Fig. 30 zeigt außer dem ausgesprochen muldenförmigen Chromatophor nur Unterschiede im Umriß des Körpers, der auf starke amöboide Beweglichkeit hinweist.

Im gleichen Wassertropfen fanden sich nun geißellose, pseudopodienreiche Individuen mit gleichem Chromatophor, von entsprechender Körpergröße, mit den gleichen stark lichtbrechenden Körpern. Eine dieser Chrysamöben ist in der Skizze Fig. 28 festgehalten. Man sieht die langen, zarten, gekörnelten Pseudopodien, welche für die Art charakteristisch sind.

In Präparaten aus dem gleichen Wasser, welche mit Osmium abgetötet und mit SCHAUDINN'schem Sublimat gehärtet waren, fanden sich nun zahlreiche Exemplare der *Chrysamoeba* in begeißeltem und amöboidem Zustand. Nur in letzterem Zustand fand ich Vermehrungsstadien.

In allen wesentlichen Eigenschaften stimmt diese Form mit der von KLEBS beschriebenen Art überein.

Ich beschreibe nun in den nachfolgenden Seiten die Einzelheiten, die ich im Bau dieser Form in den konservierten Präparaten feststellen konnte.

Ich gehe zunächst von den begeißelten Individuen aus, welche in großer Zahl im Präparat vorhanden waren. Sie stimmten in allen wichtigen Merkmalen mit der Beschreibung von KLEBS überein. Die Körperumrisse waren verschieden, wie es ja für eine Form von amöboider Beweglichkeit anzunehmen ist. Manche Individuen sahen aus, als enthielten sie zwei Chromatophoren, aber an den konservierten und gefärbten Präparaten konnte man deutlich erkennen, daß es sich fast stets um ein Chromatophor handelte, das wie bei vielen *Chromulina*- und *Ochromonas*-Arten muldenförmig eingebogen war. In dem Chromatophor war in den gefärbten Präparaten je ein dunkelgefärbter Körper zu erkennen; oft waren deren zwei vorhanden. Nach ihrer Lage im Chromatophor und nach ihrem Aussehen halte ich sie für Pyrenoide.

In einer anschließenden Arbeit werde ich über das Vorkommen von Pyrenoiden bei Chrysomonadinen Eingehenderes zu berichten haben. In einigen sehr großen Individuen der *Chrysamoeba* fand ich auch zwei Chromatophoren. Ich vermute, daß es sich dann um eine Vorbereitung zur Teilung handelte (Fig. 8). Ähnliches mag vorliegen bei Formen mit 2 Pyrenoiden, wie Fig. 9, wo Körper und Chromatophor so groß sind, daß auch an bevorstehende Teilung gedacht werden kann, das gilt wohl auch für die Fig. 12 u. 13, sicher ist es bei Fig. 17, die schon zweikernig ist.

Die Körperform der konservierten Individuen war wechselnd, bald oval, vorn oder hinten zugespitzt, oft am Hinterende schwanzartig ausgezogen. Die Fig. 1—4 der Tafel 10 zeigen 4 Erscheinungsformen, welche in ihren wechselnden Umrissen zeigen, daß auch das begeißelte Stadium tatsächlich amöboide Beweglichkeit haben mußte, was ja auch die Fig. 30, die nach dem Leben angefertigt ist, beweist.

Die einzige, körperlange oder noch längere Geißel ist am Vorderende inseriert. Ein Basalkorn war auch an den mit Eisenhämatoxylin gefärbten Exemplaren nicht zu erkennen.

Der Kern, am Vorderende gelegen, ist bläschenförmig mit einem Caryosom. Bei den mit Bordeauxrot nachgefärbten Eisenhämatoxylinpräparaten war der Außenkern rot, das Caryosom tiefschwarz gefärbt.

Die kontraktile Vakuole war in den konservierten Präparaten natürlich nicht mehr zu erkennen, war aber in den Naturskizzen angegeben. Dagegen war in ersteren eine große leere Vakuole deutlich, welche offenbar auf einen Leucosinballen, der gelöst war, zurückzuführen ist.

Im konservierten Präparat fanden sich nun neben den begeißelten Individuen zahlreiche amöboide Exemplare, welche genau dieselben Chromatophoren mit Pyrenoiden besaßen. Die Kerne waren genau so gebaut wie bei jenen, das Plasma zeigte dieselbe Struktur wie bei ihnen, auch die große Vakuole war bei den meisten vorhanden (Fig. 5, 6, 7).

Aber die Geißel war verschwunden und statt der ovalen Form hatte der Körper die Umrisse einer Amöbe angenommen, genau aussehend, wie die von Klebs abgebildeten amöboiden Stadien von *Chrysamoeba*. Die Pseudopodien waren dünn und spitz (Fig. 6 u. 9), doch konnte der Körper auch plumper gelappt erscheinen (Fig. 12). Waren die Pseudopodien lang, so hatten sie genau den Charakter, wie ihn Klebs bei seiner Art darstellt. Sie waren dünn und fein gekörnelt. Selten waren sie verzweigt (Fig. 5, 6, 8, 9).

Die amöboide Form glich außerordentlich der von mir studierten *Rhizochrysis Pascheri* Dofl. Ja, ganz besonders an *Rhizochrysis* erinnerten die nicht so selten vorkommenden Teilungsstadien. Bei ihnen konnte man die gleichen Phasen der Mitose wie bei *Rhizochrysis* Scherffeli erkennen; besonders die Spindel mit den Tochterplatten (Fig. 16), die Endphasen der Teilung mit der langgestreckten Hantel, den Tochterplatten, den Polkugeln und der langgestreckten zentralen Leucosinvakuole (Fig. 16, 18, 19) waren entsprechenden Stadien von *Rhizochrysis* außerordentlich ähnlich. Auch die Teilung der Chro

matophoren war ganz mit der bei jener Form übereinstimmend. Besonders zu betonen ist die Ähnlichkeit in Bau und Teilung des Kernes mit *Rhizochrysis*.

So hielt ich die Form auch zunächst für die von mir 1915 beschriebene kleine *Rhizochrysis*-Form, bis mich die im Präparat dicht neben ihnen liegenden begeißelten Stadien und die Übergangsformen eines Besseren belehrten; vor allem aber meine Abbildungen nach dem Leben erinnerten mich an die Lebendbeobachtung.

Von besonderer Bedeutung für die Beurteilung der Art und ihrer Zugehörigkeit ist nun der Fund ihrer Cysten, welche in allen Bildungsstadien im Präparat dicht neben den begeißelten und amöboiden Stadien lagen. Kern, Chromatophoren, Pyrenoide, Dimensionen der Körper und ihrer Organellen stimmten so vollkommen bei den drei Formen überein, daß die Zusammengehörigkeit nicht bezweifelbar erschien (Fig. 20—27).

Die Cystenbildung glich außerordentlich der einer *Chromulina* und verlief genau so, wie ich sie bei Arten dieser Gattung verfolgt hatte. Das abgekugelte Individuum umgab sich zunächst mit einer einfach konturierten dünnen Hülle, um welche sich eine Plasmaschicht ausbreitete. In den Präparaten war oft schon in diesen Stadien der Körper des Organismus stark geschrumpft (Fig. 20 u 21). Das entspricht nach den Beobachtungen an *Chromulina*- und *Ochromonas*-Arten sicher nicht dem lebenden, normalen Zustand. Erst später, nach vollendetem Cystenbau wird der innen eingeschlossene Körper nach starkem Wasserverlust erheblich verkleinert. Noch wenn die Cystenkugel deutlich doppelt konturiert ist, kann der Weichkörper an ihrer Innenwand ringsum dicht anliegen, wie Fig. 24 zeigt, die offenbar nach einem besser konservierten Präparat angefertigt ist.

Früh schon bildet sich auch bei dieser Form die Cystenöffnung mit ihrem von einem Ring versteiften Ausgangsröhrchen und dem Verschlußpfropfen.

Auch bei dieser Art besteht die Cyste aus Kieselsäure. Die Entwicklung der Cyste entspricht vollkommen der einer *Chromulina*-Art; die Stufen der Entwicklung, die endogene Bildung, das extracystäre Plasma, die Bildung des Pfropfens, alles stimmt überein, wie aus den Ausführungen der nächsten Arbeit mit aller Klarheit hervorgehen wird.

Bei der Kleinheit der Cyste und ihres Inhalts verzichtete ich, an ihr, wie an den beweglichen Stadien eingehendere Studien zu machen, zumal ich sie nur in konserviertem Zustand vor mir hatte.

Ich gebe hier noch die Maße, welche ich an den beweglichen Stadien und an den Cysten festgestellt habe.

1. Begeißelte Stadien: Länge 8 μ, Breite 3,5 μ.
2. Amöboide Stadien: Länge 8—10 μ, Breite 3—4 μ.
3. Cyste: Durchmesser 7 μ.

Ich habe die lebenden Individuen ganz kurz beobachtet. Da ich aber damals mit anderen Studien, speziell an *Rhizochrysis*, intensiv beschäftigt war, waren sie in wenig Stunden verschwunden, ohne daß ich die wünschenswerten Feststellungen alle hatte machen können. Aber ich hatte sie doch in einem guten Präparat festgehalten. So habe ich ihre Umwandlung, ihre Bewegungen im einzelnen, ihre Teilung nicht im Leben beobachten und durch Zeichnungen festhalten können; ebenso nicht den Vorgang der Cystenbildung, den ich aber bei anderen *Chromulinales* und *Ochromonadales* sehr eingehend studieren konnte und in den anschließenden Abhandlungen beschreiben werde.

Meine Beobachtungen erlauben mir aber immerhin den sicheren Schluß, daß ich eine Chrysomonadine vom Typus einer *Chromulina* studiert habe, welche in begeißeltem und amöboidem, geißellosem Zustand vorkommt, Cysten bildet und der Form sehr ähnlich ist, welche KLEBS als *Chrysamoeba radians* beschrieben hat.

Seit KLEBS ist *Chrysamoeba* nur durch SCHERFFEL genauer beobachtet worden. Aus seiner Darstellung geht offenbar hervor, daß *Chrysamoeba* nicht die wichtige, interessante, primitive Form ist, für die sie KLEBS selbst und andere Forscher hielten. Schon SENN hat dies bezweifelt. Auch PASCHER ist zu dieser Überzeugung gekommen. Meine Beobachtungen sind geeignet, dies zu bestätigen und *Chrysamoeba* eine andere Stellung anzuweisen, als sie bisher einnahm.

Zur Zeit, als KLEBS die von ihm beschriebene Form beobachtete, kannte man noch nicht so viele amöboide Form annehmende Flagellaten, als wir sie heute kennen. Heute müssen wir nicht nur die amöboide Beweglichkeit, sondern sogar die Fähigkeit zur tierischen Ernährung als eine bei farbigen Flagellaten weit verbreitete Fähigkeit bezeichnen. Gerade unter den *Chromulina*- und *Ochromonas*-Arten sind eine Anzahl Formen bekannt geworden, welche Pseudopodien zu bilden imstande sind. Vor allem PASCHER hat neuerdings auf die rhizopodialen Stadien vieler Algen aufmerksam gemacht.

Meine Form gleicht am meisten der von SCHERFFEL beschriebenen größeren Form, auch in den Maßen. Auch sie hat ein muldenförmiges Chromatophor; Pyrenoide erwähnt SCHERFFEL nicht. Doch hat er nur lebende Exemplare beobachtet und abgebildet. Ich stellte

Pyrenoide auch nur an konservierten Exemplaren fest. Ein Stigma fehlt auch der von Scherffel beschriebenen Form. Die amöboiden Stadien haben etwa dieselbe Größe (bei Scherffel etwa 12 μ, bei mir 10 μ); die Pseudopodien sind entsprechend gestaltet. Auch die stark lichtbrechenden Körnchen, die Scherffel bei seiner Form beschreibt, habe ich in meinen Abbildungen nach dem Leben (Fig. 28 bis 30) angegeben. Leucosin ist in beiden Formen vorhanden.

Auch Dauercysten hat Scherffel bei *Chrysamoeba* schon gefunden und beschrieben. Sie waren etwas größer als die von mir beobachteten und abgebildeten; er gibt einen Durchmesser von 10 bis 12 μ an, während ich nur 7—8 μ maß. Die einzige Abbildung, die er gibt, entspricht offenbar einem Entwicklungsstadium vor Bildung der Mündungsröhre. Um die eine Hälfte der doppeltkonturierten Cyste liegt extracystäres Plasma, das Ganze ist von der gallertartigen primären Hülle eingeschlossen.

Scherffel gibt das Vorkommen von 2—4 Chromatophoren in den Cysten an. Auch in meinem Material sehen die Bilder oft ähnlich aus; trotzdem bin ich geneigt, an das Vorkommen nur eines Chromatophors, wie bei den freien Individuen als normal zu glauben. In der Cyste findet sich Fett und Leucosin. Er hat auch bei dieser Form pulsierende Vakuolen im extracystären Protoplasma festgestellt.

Meine Beobachtungen stimmen also gut mit den seinigen überein. Seine Cysten scheinen nicht ganz reif gewesen zu sein, da er den Porus als nicht leicht zu beobachten bezeichnet. Ich fand Cysten mit deutlicher Mündungsröhre und mit Pfropfen (Fig. 26 u. 27).

Während nun Scherffel trotz seiner Beobachtung amöboid werdender Chromulinen und Ochromonaden die Aufrechterhaltung der Gattung *Chrysamoeba* empfiehlt, sind Senn und Pascher anderer Meinung. Letzterer bezeichnet sie im Heft 2 der Süßwasserflora auf S. 13 direkt als eine abgeleitete Form. Auch ich bin der Meinung, vor allem, nachdem ich die Cysten kennen gelernt habe, daß es sich um eine *Chromulina*-Art handelt, welche die Fähigkeit in amöboiden Zustand überzugehen, besitzt. Nach den Beobachtungen von Scherffel und Pascher teilt sie diese Eigenschaft mit manchen *Chromulina*- und *Ochromonas*-Arten. In der wenig gegliederten und noch ungenügend erforschten Gattung *Chromulina* kann ihre spezielle Stellung ihr erst nach genauerem Studium einer größeren Anzahl von Arten zugewiesen werden.

Die Meinung Pascher's, daß die *Rhizochrysis*-Arten von ähnlichen Formen abzuleiten seien, teile ich. Auch die Ähnlichkeit in Kernbau und Teilungsbildern des Kernes weist auf nahe Beziehungen

hin. Wichtig für die Klärung dieser Fragen müßte die Entdeckung der Cystenbildung bei *Rhizochrysis* sein.

Wenn einmal eine Gliederung der bisher in der Gattung *Chromulina* vereinigten Arten möglich sein wird, wird sicherlich die *Chrysamoeba* mit ihrer Neigung zum Übergang in die geißellose amöboide Phase, mit ihren Pyrenoiden, ihren Einschlußkörperchen im Protoplasma, ihrer Stigmenlosigkeit den Mittelpunkt einer Gruppe bilden, die man zum mindesten als Untergattung sondern muß. Die engen Beziehungen zu *Rhizochrysis* werden dann berücksichtigt werden müssen.

Dabei werden die Ansichten Scherffels über etwaigen Zusammenhang von Chrysamöben mit *Chromulina nebulosa* und seine, allerdings noch nicht ganz gesicherte Vermutung, daß es auch Chrysamöben mit zweigeißligen Bewegungszuständen vom Typus von *Ochromonas* Arten gäbe, genau zu prüfen sein.

Literaturverzeichnis.

Doflein, F.: Rhizochrysis. in: Zool. Anz. Bd. 47 1916 p. 153.

—: Studien zur Naturgeschichte der Protozoen. IX. Rhizochrysis, eine Übergangsform unter den niederen Protozoen. in: Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. u. Ont. Bd. 40 1917 p. 383.

Klebs: Flagellatenstudien. in: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 55 1893 p. 265.

Pascher, A.: Chrysomonadinae. in: Süßwasserflora usw. H 2 1913 p. 7.

Scherffel, A.: Beitrag zur Kenntnis der Chrysomonadinen. in: Arch. f. Protistenk. Bd. 22 1911 p. 299.

—: Flagellata. in: Engler u. Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. I. Teil. Abt. Ia.

Zacharias, O.: Faunistische Mitteilungen. in: Forschungsber. a. d. biol. Station zu Plön. IV. 3. Teil 1895.

Tafelerklärung.

Tafel 10.

Alle Figuren von *Chrysamoeba radians* Klebs. Vergr. Abbé Ap. Imm. 1,5 Comp. Oc. 6, etwa 1500. Fig. 1—27 nach Konservierung mit Osmium und Fixierung mit Schaudinn's Sublimatgemisch, Färbung mit Alkohol. Eisenhämatoxylin + Bordeauxrot. Fig. 28—30 nach dem Leben.

Buchstabenbezeichnungen für alle Figuren.

Chr Chromatophor, K Kern, Lv Leucosinvakuole, Kö lichtbrechende Körner, Cv kontraktile Vakuole, P Pyrenoid, Na Nahrungsvakuole, Pl extracystäres Protoplasma, Pf Mündungspfropfen, M Mündungstrichter oder dessen Anlage, Cy Cystenwand.

Fig. 1—4. Verschiedene Formen begeißelter Bewegungsstadien.
Fig. 5 u. 6. Geißellose, amöboide Stadien.
Fig. 7. Amöboides Stadium mit Nahrungsvakuole.
Fig. 8. „ „ mit 2 Chromatophoren.
Fig. 9. „ „ mit großem Chromatophor und 2 Pyrenoiden.
Fig 10. „ „ mit Algenzelle in Nahrungsvakuole.
Fig. 11—13. Amöboide Stadien mit verschiedenen Pseudopodienbildungen.
Fig. 14. Amöboides Stadium mit haubenförmigem Chromatophor.
Fig. 15—19. Teilungsstadien der amöboiden Zustände.
Fig. 16. Spindelbildung in Anaphase mit 2 Tochterplatten.
Fig. 17. Zweikerniges Stadium mit noch einheitlichem Chromatophor.
Fig. 18 u. 19. Späte Anaphasen. In Fig. 19 beginnende Zerschnürung.
Fig. 20—27. Cystenbildung.
Fig. 20—23. Endogene Cystenanlage.
Fig. 23. Anlage der Mündungsröhre.
Fig. 24 u. 25. Doppelt konturierte Kugelcyste. Fortgang der Bildung des Mündungstrichters.
Fig. 26. Fertige Cyste mit Pfropfen im Mündungstrichter.
Fig. 27. Fertige, eingetrocknete Cyste.
Fig. 28. Amöboides, geißelloses Stadium nach dem Leben.
Fig. 29 u. 30. Begeißelte Bewegungsstadien mit mehr oder weniger amöboidem Körper.

Zur Kenntnis von *Monocystis naidis.*

Von
Hermann von Voss (z. Zt. Berlin).

(Hierzu Tafel 11.)

Dank der Wiedererlangung eines Teiles meiner Präparate aus Straßburg bin ich in der Lage, meine Mitteilung über *Monocystis naidis*, die im 42. Bande dieses Archivs (1921) veröffentlicht wurde, durch einige Figuren und eine ausführlichere Darstellung zu ergänzen.

Wie dort angegeben, handelt es sich um eine neue Cölomgregarine der Oligochäten, die in der Leibeshöhle von *Nais* sp. schmarotzt und alle Segmente dieses Wurmes, mit Ausnahme des ersten, in zahlreichen Exemplaren bevölkert. Fig. 1 gibt ein deutliches Bild von der starken Infektion durch die Gregarine, die dabei ausschließlich auf das Cölom beschränkt ist und weder in den Samenblasen, noch im Darm vorkommt. Vereinzelte Exemplare traf ich zwischen den Muskeln an, die an das proximale Ende der Borsten ansetzen. In der weitaus größten Mehrzahl der Fälle flottieren die Gregarinen frei im Leibeshöhlenraum, seltener sind sie an der Wand der Leibeshöhle, an den Dissepimenten oder an den Chloragogenzellen befestigt. Die Befestigung erfolgt durch eine Art Verklebung der Gregarine mit den Zellen der Cölomwand und ist stets eine durchaus oberflächliche, nicht zu vergleichen etwa mit dem Eindringen der *Gregarina polymorpha* zwischen die Darmzellen des Mehlwurmes. Die andere von mir (1921) beschriebene Art der Anheftung durch eine Pseudopodienbildung am Vorderende ist eine so seltene Ausnahme, daß ich ihre nähere Beschreibung bis

zu einer Bestätigung durch Beobachtung am lebenden Objekt verschieben möchte, denn in den mir erhalten gebliebenen Präparaten konnte ich keine einwandfreien Bilder für das Beschriebene finden.

Zu dem, was ich in meiner vorläufigen Mitteilung über die Gestalt und Größe, sowie über den feineren Bau von *Monocystis naidis* gesagt habe, ist nicht viel hinzuzufügen und ich verweise daher auf jene Arbeit und auf die hier wiedergegebenen Fig. 2—4: wichtig ist das Vorhandensein einer starken Pellicula, deren gröbere und feinere Längsleisten auf der Oberseite dem ganzen Tier ein typisch längsstreifiges Aussehen geben. Direkt unter der Pellicula liegt eine Plasmaschicht von sehr auffallender Gestaltung. Fig. 3 zeigt einen oberflächlichen Anschnitt einer Gregarine, in dem (allerdings etwas schematisiert) eine Struktur zum Ausdruck gelangt, die aus einem Netzwerk von Fäden besteht, in deren Verlauf sehr deutliche, mit Eisenhämatoxylin sich tief schwarz färbende Körnchen eingelagert sind. Eine Verwechselung mit dem feinwabigen Endoplasma und seinen Einschlüssen ist ausgeschlossen schon wegen der viel gröberen und mehr fädigen Struktur dieser Plasmaschicht, was bei einem Vergleich der entsprechenden Fig. 3 u. 4 unverkennbar ist. Da es mir nicht gelungen ist, Muskelfäden nachzuweisen, trotzdem starke Formveränderungen des Tieres, namentlich an seinem Vorderende, häufig sind (Fig. 5a—c), so liegt es nahe, das physiologische Substrat für diese Umbiegungen, Umknickungen und Einschnürungen des Körpers eben in der erwähnten Netzschicht zu suchen und in den beschriebenen Fäden ein Homologon der Muskelfäden anderer Gregarinen zu sehen.

Die Tiere sind meist solitär; wenn man hin und wieder zwei oder drei Exemplare zusammenhängend findet, so handelt es sich doch nicht um reguläre Syzygien, wie bei anderen Arten, sondern um regellose Verklebungen der Individuen, die an den verschiedensten Körperstellen vorkommen können.

Wenn schon der feinere Bau von *M. naidis* manche Besonderheiten gegenüber anderen Gregarinenarten darbietet, so ist es doch vor allem die Umwandlung aus einer typisch g r e g a r i n o i d e n Gestalt in eine a m ö b o i d e Form, die diese Art in auffälligster Weise kennzeichnet und zu deren ausführlicherer Beschreibung ich jetzt übergehe. In einem bestimmten Stadium, vermutlich wohl wenn die Gregarine ihre maximale Größe erreicht hat, beginnt am ganzen Umfang ihres Körpers eine Auflösung der Pellicula, die scharf umschriebene gregarinoide Gestalt geht erst hier, dann dort, schließlich überall verloren und macht einer unregelmäßig wellig

begrenzten Oberfläche Platz, mit vielfachen kleinen Zacken und Fortsätzen, so daß man schließlich eher eine *Entamoeba* etwa vor sich zu sehen geneigt sein könnte, als eine Gregarine. Fig. 6—10 sollen diesen Vorgang illustrieren: das Individuum in Fig. 6 zeigt noch deutlich die spindelförmige Gestalt und mehr als die Hälfte des Körpers noch von der Pellicula eingeschlossen, während an der einen Seite das Plasma vorgetrieben erscheint und gröber vakuolisiert und heller ist als am übrigen Körper; die Umwandlung hat hier soeben erst eingesetzt.

In Fig. 7 sehen wir nur noch am ursprünglichen Vorder- und Hinterende Reste der Pellicula, an beiden Seiten ist das Plasma bruchsackartig vorgetreten, nur vage sehen wir die ursprüngliche Gestalt der Gregarine angedeutet als dunklere feinwabige zentrale Spindel. Fig. 8 ist ein weiterer Übergang zur endgültigen amöboiden Form, wie sie in Fig. 9 u. 10 abgebildet ist. Fig. 10 ist nach einem mit Eisenhämatoxylin gefärbten, aber stark differenzierten Präparat gezeichnet, bei dem der breite Rand hyalinen Ectoplasmas sehr deutlich sich vom grobwabigen Plasma abhebt, während Fig. 9 ein etwas früheres Stadium zeigt (nach einem stark gefärbten Präparat), auf dem der hyaline Saum, der wohl aus der aufgelösten Pellicula und dem Sarcocyt hervorgegangen sein dürfte, noch verhältnismäßig schmal ist; die wabige Struktur des Endoplasmas und die Plasmaeinschlüsse treten am dunkel gefärbten Exemplar stärker hervor; gut zu sehen sind auch die kleinen Plasmafortsätze am ganzen Körperumfang.

Nicht nur das Plasma, auch die Kerne der amöboiden Form lassen Unterschiede gegenüber denen der Gregarinoiden erkennen: sie sind im allgemeinen um ein geringes kleiner, enthalten ein weniger dichtes achromatisches Gerüst, ein etwa um die Hälfte verringertes Caryosom, dafür aber große extracaryosomale Chromatinbrocken, die großenteils dicht unter der Kernmembran liegen, so daß, wie ich schon in meiner ersten Mitteilung betonte, an ein Abwandern des Chromatins aus dem Kern ins Plasma gedacht werden kann. Ein Vergleich von Fig. 2b und Fig. 11 wird den Unterschied der beiderlei Kernformen veranschaulichen.

Der geschilderte Übergang von der gregarinoiden zur amöboiden Form ist ein durchaus normaler Vorgang und nicht etwa als vereinzelte pathologische Erscheinung aufzufassen: für das Normale dieser Umwandlung spricht schon ihr überaus häufiges Vorkommen. Um mich davon zu überzeugen, habe ich in zehn aufeinander folgenden Schnitten die absoluten Zahlen der verschiedenen Formen festgestellt:

es ergaben sich 365 gregarinoide, 115 Übergangs- und 123 amöboide Individuen, also ein Verhältnis von etwa 3:1:1. Diese Häufigkeit der „Amöboiden" und der Übergangsformen zu ihnen läßt mich vermuten, daß die geschilderte Gestaltsveränderung als normales Glied in den Entwicklungszyklus von *M. naidis* hineingehört.

Zwischen den amöboiden Individuen kommt es häufig zu einer Verschmelzung der Plasmaleiber, zu einer Plasmogamie, wobei sich zwei oder seltener drei und sogar vier Tiere vereinigen (Fig. 12 bis 15). Es erscheint mir durchaus zweifelhaft, daß man dieser Verschmelzung eine sexuelle Deutung geben könnte; dagegen spricht erstens schon die, wenn auch selten, zu beobachtende Vereinigung von drei und mehr Tieren; dann sind aber auch die „Plasmogameten" von keiner irgendwie ausgesprochenen Verschiedenheit, ihre Kerne unterscheiden sich in keiner Weise von denen der freien amöboiden Tiere [1]), auch ihr Plasma zeigt keinerlei Veränderungen. Ich habe aus diesen Gründen darauf verzichten können, mehr als bloße Umrißzeichnungen von den Stadien der Plasmogamie zu geben: sie beginnt (Fig. 12) mit der Bildung einer mehr oder weniger breiten Plasmabrücke an der Berührungsstelle der Individuen, um mit einer vollständigen Verschmelzung zu endigen (Fig. 13), wobei dann eine Zeitlang noch die Verschmelzungslinie im Plasma deutlich bleibt, dann verschwindet auch sie und das Individuum unterscheidet sich von einem gewöhnlichen „Amöboiden" nur durch die beträchtlichere Größe und die Anwesenheit von zwei Kernen. Die zuerst weit auseinander liegenden Kerne wandern mit der Zeit aufeinander zu und liegen schließlich dicht zusammen (Fig. 12—14).

Hiermit schließen die in meinen Präparaten vorhandenen Stadien der Plasmogamie; ihre endgültige Deutung muß einer weiteren Beobachtung, namentlich am lebenden Objekt, vorbehalten bleiben. Erwähnen muß ich noch, daß — allerdings in sehr seltenen Fällen — gregarinoide Formen zur Beobachtung gelangten, die auch über zwei Kerne verfügten (Fig. 16); ob diese Individuen in den normalen Entwicklungskreis von *M. naidis* hineingehören, wage ich nicht zu entscheiden, denn Teilungserscheinungen am Kern konnte ich bei keinen der vielen Hunderte von beobachteten Tieren feststellen.

Düsseldorf, den 9. Mai 1921.

[1]) In meiner vorläufigen Mitteilung habe ich in vielleicht mißverständlicher Weise die Beschreibung der Kerne der amöboiden Tiere erst bei Erwähnung der Plasmogamie gegeben, sie bezieht sich aber ebenso auf die freien, wie auf die verschmolzenen Tiere.



Literatur siehe bei: H. v. Voss: *Monocystis naidis*, eine neue Cölomgregarine in: Arch. f. Protistenk. Bd. 42 1921.

Tafelerklärung.

Sämtliche Figuren sind nach 10 μ dicken Schnitten gezeichnet, die Vergrößerungen betragen bei Fig. 1 ca. 70, bei Fig. 2b u. 11 ca. 1800, bei allen übrigen ca. 1000. Den Zeichnungen liegen Präparate zugrunde, die mit Subl.-Alk.-Eisessig fixiert und mit Eisen-Hämatoxylin-Orange G gefärbt waren. Alle Figuren beziehen sich auf *Monocystis naidis*.

Tafel 10.

Fig. 1. Infektionsbild. d Darm, l Leibeswand der Nais.
Fig. 2. a Oberflächenansicht der Gregarine, b ein Kern stärker vergrößert.
Fig. 3. Struktur der subpelliculären Plasmaschicht, etwas schematisiert.
Fig. 4. Endoplasma mit dunklen Einschlüssen.
Fig. 5a—c. Formveränderungen der Gregarine.
Fig. 6—9. Aufeinanderfolgende Stadien der Umwandlung ins amöboide Tier.
Fig. 10. Amöboide Form.
Fig. 11 Typischer Kern eines amöboiden Tieres stärker vergrößert.
Fig. 12—14. Plasmogamie der „Amöboiden".
Fig. 15. Plasmogamie von vier Tieren.
Fig. 16. Zweikerniges gregarinoides Tier.

(Aus dem botanischen Institut der Universität in Zagreb.)

Notiz über den durch *Chromulina smaragdina* nov. spec. bedingten Smaragdglanz des Wasserspiegels.

Von

Jos. Gicklhorn.

(Hierzu 3 Textfiguren.)

I.

Bei mikrobiologischen Untersuchungen an den verschiedenen Freilandbassins im botanischen Garten zu Zagreb (Agram) fand ich anfangs Juni (7. VI. 1921) einen bisher unbeschriebenen Flagellaten, der in seinen morphologischen und biologischen Eigenschaften einige beachtenswerte Besonderheiten zeigte.

Als Massenvegetation bildet dieser Flagellat einen zusammenhängenden, sehr leicht zerstörbaren, staubähnlichen Belag auf dem Wasserspiegel und den nassen Erdrändern eines betonierten Beckens, das regelmäßig mit Humuserde, Ruß, Laub und Müll beschickt wird, um mit dem nachgefüllten und abgestandenen Jauchenwasser später zu düngen. Als zur Zeit der ersten Beobachtung das Bassin mit Brettern bedeckt war, fielen nach deren Abheben sofort mehrere prächtig grünglänzende, smaragdfarbene Streifen auf, die in ihrer Zahl und Richtung genau den vorher besonnten Lücken zwischen den Brettern entsprachen. Diese Streifen boten in grünem Glanze ein ganz ähnliches Bild, wie es *Chromulina* (= *Chromophyton*) *Rosanoffii* Bütschli in goldfarbigem Lichte zeigt. Wurden mit einer flachen Schale Proben dieser gefärbten Streifen abgehoben, so er-

schienen diese nur mehr in grauer, gelbbrauner bis rostroter Färbung, ganz ähnlich den ausgeschiedenen, leicht irisierenden Fe_2O_3-Schuppen und Krusten irgendeiner länger stehenden Eisensalzlösung. Auch durch verschieden variierte Art der Betrachtung — auffallendes und durchfallendes Licht, weißer oder dunkler Hintergrund, verschiedene Blickrichtung usw. — konnte nach dem Zerstören des ursprünglichen Überzuges der Wasserhaut die grüne Farbe nicht wieder bemerkt werden. — Nach der mikroskopischen Untersuchung ist dieser auffallende Farbenwechsel leicht aufzuklären.

Ein in der üblichen Weise hergestelltes Klatschpräparat (Molisch 5, p. 14), mit dem man bekanntlich intakt ein zusammenhängendes Stück der Wasserfläche abheben kann, zeigt zahllose, kugelige Flagellaten, in unregelmäßigen Abständen in eine Gallertschicht eingebettet. Diese auf dem Wasser flach ausgebreitete Gallerte nun ist oft in hohem Maße mit eingelagertem Eisenoxyd inkrustiert. Die Berlinerblauprobe gibt stets positive, kräftige Reaktionen, wobei sich die ungefärbten Flagellaten oder Stellen, wo jene ausschwärmten als reaktionsfreie, helle Höfe, abheben. Die Inkrustation mit Fe_2O_3 ist nur an älteren Stadien körnelig und leicht brüchig; junge Individuen dagegen zeigen in ihrer Gallerthülle eine vollständig homogene gelbe, gelbbraune bis tiefbraune Eisenablagerung. Die Membran, ebenso die protoplasmatischen Teile des jüngeren Flagellaten sind stets frei von auffallender Eisenspeicherung, ältere Stadien dagegen eisenhaltig. Die Eisenspeicherung ist in unserem Fall so konstant, daß man diesen neuen Flagellaten unbedingt zu den Eisenorganismen (im Sinne von Gaidukov und Molisch) wird rechnen müssen (siehe dazu Gicklhorn 2, p. 6.)

Die gelbbraune bis rostrote Farbe der Massenvegetation dieses Flagellaten ist sonach durch die Eisenoxydspeicherung in ausgeschiedener Gallerte zu erklären. Die smaragdgrüne Farbe dagegen ist auf eine Lichtreflexion an den Chromatophoren zurückzuführen, wobei die Eigenfarbe zu grünem Glanze durch die im Bau der Zelle bedingte Lichtkonzentration gesteigert wird. Die genauere Kenntnis des Flagellaten wird diese Lichterscheinung und ihre Besonderheiten leicht verständlich machen lassen.

II.

Bei Beobachtung eines Präparates nach der „Deckglasmethode“ erhält man ausschließlich die Ruhestadien des Flagellaten, die

über die Wasserfläche hinausragen und stets mit einer adhärierenden Luftschicht umgeben sind; dadurch erscheinen die Zellen dunkelschwarz umrandet, während die Zellmitte grün glänzt. Die Größe dieser Ruhestadien schwankt je nach dem Alter zwischen 8—18 μ. — Wird durch Druck auf das Deckglas die anhaftende Luft beseitigt, so treten die grünen Chromatophoren — 4 bis 16 — scharf hervor. Stets ist eine deutliche Membran ohne jedwede Skulptur zu sehen, die nach außen von einer am Wasserspiegel immer flach ausgebreiteten Gallerte mit Fe_2O_3-Inkrustation umgeben ist (Fig. 1 u. 2). Der Kern ist erst nach Fixierung und Färbung nach den bei Flagellaten üblichen Methoden zu erkennen. Von Inhaltskörpern fallen stets zahlreiche, winzige Körnchen unbekannter

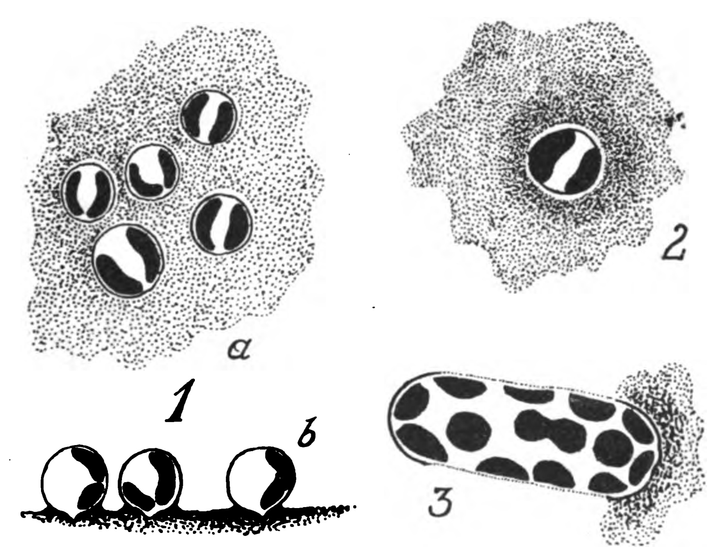


Fig. 1. 1a) Kolonie junger Individuen in Aufsicht. 1b) Seitenansicht zu 1a.
2) Freiliegende Cyste mit starkem Gallerthof mit Fe_2O_3-Einlagerung.
3) Abnorm gebildetes, älteres Ruhestadium, das hin und wieder unter typisch kugeligen Formen auftritt. Vergr. 1000fach.

chemischer Zusammensetzung auf, die in lebhafter Brown'scher Molekularbewegung sich befinden; weiter bemerkt man fast in jeder Zelle hellglänzende Tröpfchen, die als Leucosin identifiziert wurden. — Die rein grünen Chromatophoren liegen im peripheren Plasma und reagieren gegen einfallendes Licht mittlerer Intensität (diffuses, stärkeres Tageslicht) recht empfindlich mit einer Verlagerung, bzw. Häufung an der Stelle größter Lichtstärke in der Zelle.

Die ebenfalls kugeligen, jüngeren Stadien von einer Durchschnittsgröße von 6,2 μ haben immer nur zwei Chromatophoren und namentlich bei freiliegenden Individuen ist der gefärbte Gallerthof schön zu sehen. — Bei der ganz ungeklärten Mikrochemie der Schleime, Gallerten und Hüllen bei Flagellaten wurden in dieser Richtung keine eigenen Versuche angestellt. Mit Senn (8, p. 154) aus der Unbenetzbarkeit allein auf „wachsartige“ Natur zu schließen, ist gewiß auch für *Chromulina Rosanoffii* nicht zulässig.

Durch die ausgeschiedenen Hüllen sind die einzelnen Flagellaten mehr minder weit (6—14 μ) voneinander getrennt und bilden so

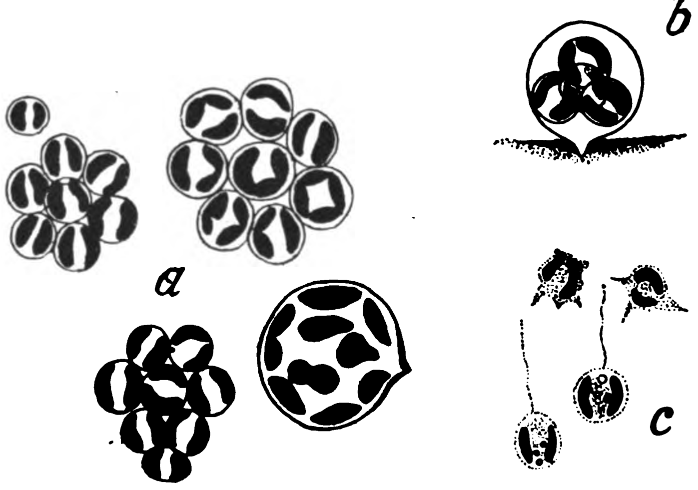


Fig. 2. Teilungsstadien der Cysten von *Chromulina smaragdina*.
a) Teilung der Cyste und Lagerung der Tochterindividuen auf dem Wasserspiegel. b) Tetraden in deutlich gestielter Cyste. c) Schwärmer mit einer Geißel und nachfolgende amöboide Stadien. Vergr. 1000fach.

unregelmäßige Überzüge von mikroskopischer Größe bis zu einem homogenen Belag über der mehrere Quadratmeter messenden Wasserfläche.

Daß diese Ruhestadien eine auffallende Ähnlichkeit mit den als Cysten gedeuteten Stadien von *Chromulina Rosanoffii* haben, zeigt einmal die Art der Befestigung auf der Wasserfläche. Bei günstiger Lage zur seitlichen Betrachtung gewahrt man auch bei unseren Flagellaten ein kleines Stielchen oder Röhrchen, hin und wieder nur einen warzenförmigen Fortsatz oder eine Ausbuchtung und des öfteren nur mehr eine leichte Wölbung, mit welcher der Flagellat in der inkrustierten Gallerte aufsitzt (Fig. 2b). Weiter

wurden bei zahlreichen Präparaten die Teilungen und die Schwärmerbildung direkt beobachtet, die je nach dem Orte in bezug auf die Wasserfläche verschieden ausfallen. Erfolgt die Teilung in unbenetztem Zustande über Wasser, so werden in der Regel acht neue Individuen gebildet, die nach Reißen der Cystenmembran an Ort und Stelle unbeweglich verbleiben und weiter wachsen (Fig. 2a). Auffallend ist dabei, daß die Chromatophoren glatt zu je zwei auf die Tochterzellen aufgeteilt werden, ohne daß man auffällige Vorbereitungen im Plasma bemerken würde.

Wird aber die Cyste durch Benetzen mit Wasser oder durch Zerstören des Belages unter den Wasserspiegel allseitig befeuchtet, so kommt es zur Bildung beweglicher Schwärmer (Fig. 2c) von Kugelgestalt, mit einer Geißel, 2 Chromatophoren, ohne deutlich sichtbare Hautschicht und ohne Stigma, wie es auch *Chromulina Rosanoffii*, *Chr. nebulosa* Cienkowsky, *Chr. Woroniniana* Fisch usw. zeigen. Eine winzige Vakuole am Vorderende ist nur bei stärksten Vergrößerungen nachzuweisen. Die Beweglichkeit der Schwärmer dauert aber nur kurze Zeit; bald setzen sie sich am Deckglas fest, büßen die eine Geißel ein (abgeworfen oder eingeschmolzen?) und gehen in einen träg amöboid beweglichen Zustand über. Nach der Abrundung wird die Kugelgestalt wieder als dauernd angenommen, eine distinkte Membran gebildet und die Gallertschicht ausgeschieden.

An der Ansatzstelle des Schwärmers im Präparat bemerkt man bald einen hellglänzenden Knopf oder eine warzige Verdickung. Erfolgt das Anheften am Wasserspiegel, so geht zweifellos auch hier, wie bei *Chromulina Rosanoffii* das Hinaufschlüpfen auf den Wasserspiegel vor sich. Eine sexuelle Fortpflanzung wurde, auch nur in Andeutungen dazu, nicht beobachtet.

Was die systematische Stellung des Flagellaten betrifft, so gleicht er in allen den ausführlicher beschriebenen Merkmalen ganz den *Chromulinaceae* unter den *Chrysomonaden.* Die rein grüne Farbe der Chromatophoren aber, die, wie durch mikrochemische Reaktion bestimmt wurde, echtes Chlorophyll ohne nachweisbare (!) Beimischung von Chrysophyll, Chrysoxanthophyll oder Phytochrysin ist, ist ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal gegenüber der Mehrzahl der sonst gelb oder braun gefärbten *Chrysomonaden.* Doch dürfte in diesem Falle das trennende Merkmal der Chromatophorenfarbe nicht jene Bedeutung besitzen, wie in zahlreichen anderen Beispielen der Flagellatensystematik. Es kommen ja auch unter dieser Familie ausgesprochen grünliche Formen vor und in dem, an

Humusstoffen reichen Teich im botanischen Garten zu Zagreb habe ich selber typisch gebaute *Mallomonas acaroides* von fast grüner Farbe gefunden. Die Standorts- und Ernährungsverhältnisse sind gerade bei dieser Familie von großem Einflusse. Eine Umfärbung in gelbe Farbtöne durch Übertragen in reines Wasser ist aber nicht gelungen.

Unter ausdrücklicher Betonung, daß ich die systematische Stellung des Flagellaten nicht für definitiv halte, möchte ich unter Hinweis auf die Morphologie der Zelle, der Chemie der Assimilationsprodukte, der Vermehrung durch gestielte Cysten und der Erscheinung des Smaragdglanzes diese Form zu den *Chromulina*-Arten stellen und den Namen *Chromulina smaragdina* Gicklhorn nov. spec. vorschlagen. In diese Gattung sind ohnehin mehrere problematische Formen vereinigt, von denen Pascher (7, p. 13) sagt, daß es „eine gewiß unnatürliche, künstliche Gattung ist, in der sich die einzelnen Arten zu mehreren, deutlich voneinander verschiedenen Gruppen vereinigen . . . und die meisten Arten recht unvollständig bekannt sind“. Unter den bekannten Formen ist *Chr. smaragdina* durch ihre rein grüne Farbe bisher isoliert.

III.

Daß der Smaragdglanz in unserem Falle ganz in Analogie zu bereits bekannten Beispielen eine rein physikalische Lichterscheinung ist, ergibt sich schon daraus, daß er nur in einer ganz bestimmten Blickrichtung zu bemerken ist. Wird der Boden einer größeren flachen Schale mit schwarzer Humuserde bedeckt, darüber in 1—2 cm hoher Schicht Wasser gefüllt, das man am besten beim Abschöpfen der Wasserhaut mit überfließen läßt, so ist zunächst nur die erwähnte gelbe oder braune Färbung zu sehen. Nach einigen Stunden, oder nach Stehen über Nacht tritt der Smaragdglanz gegen den dunklen Grund wieder schön hervor. Mit der Lupe betrachtet, erscheint die Wasserfläche mit zahllosen grünen, trocken glänzenden Pünktchen wie besät, die in ihrer Gesamtheit für das unbewaffnete Auge zu einer einzigen, leuchtenden Fläche verschmelzen. Legt man auf die unbedeckte Glasschale ein breites Lineal, so hebt sich sein Schatten bald als dunkelgrüner oder glanzloser Streifen auf grünem Grunde ab. Jede Drehung des Kulturgefäßes bringt den Grünglanz zum Verschwinden, der erst nach erschütterungsfreier Herstellung der ursprünglichen Orientierung wieder zu bemerken ist. Unter dem Mikroskope betrachtet, sieht man bei streng einseitigem Lichteinfall die Chromatophoren auch einseitig gehäuft an der dem Fenster

abgewandten, konkaven Innenseite der Zelle; diese Stellung wird bei längerer Beobachtung wegen der Durchlichtung im mikroskopischen Bilde bald aufgegeben und es kommt zur Wanderung der Chromatophoren an der dem Beschauer zugewendeten Membranseite. Auch hier ist sicherlich der Gang der Lichtstrahlen ebenso wie in den von Noll und Molisch (6) analysierten Beispielen an *Schistostega osmundacea* und *Chromophyton Rosanoffii*, was am einfachsten Fig. 3 veranschaulicht.

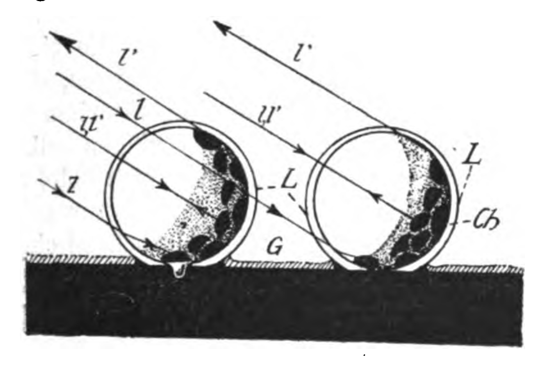


Fig. 3.
Schema des Strahlenganges und der Lagerung der Chromatophoren von *Chromulina smaragdina*.
l einfallendes, *l'* reflektiertes Licht, *L* Lufthülle, *Ch* Chromatophoren, *G* Gallerte. Wasserspiegel ist dunkel gehalten. Genaueres im Text.

Die durch die Kugelgestalt bedingte Lichtkonzentration läßt die grüne Farbe der Chromatophoren gegen dunklen Grund nach totaler Reflexion an der gewölbten Zellwand in hellem Glanze erscheinen. — Bei Betrachtung in einer bestimmten Richtung, das ist die des einfallenden Lichtes, werden die in gleicher Richtung total reflektierten Strahlen in das Auge des Beschauers gelangen. Die adhärierende Lufthülle kann den Effekt durch Verstärkung der totalen Reflexion nur unterstützen.

Wir haben sonach in *Chromulina smaragdina* einen neuen Fall einer auffallenden Farbenänderung der Wasseroberfläche, hervorgerufen durch einen Organismus, und ein weiteres Beispiel einer durch den Bau bedingten Lichtreflexion lebender Zellen. Mit Ausnahme von dem mehrmals genannten *Chromophyton Rosanoffii* sind ähnliche Erscheinungen bei Flagellaten sonst nicht bekannt, denn die als „Wasserblüte" bezeichneten Verfärbungen durch Massenvermehrung von Flagellaten, Algen oder Infusorien bewirken eine Verfärbung ganzer Wasserschichten oder sie bilden eine dicke Haut unter der Wasserfläche (z. B. die labilen Palmellastadien grüner Euglenen, die ich hier gleichfalls beobachtete) von anderem Habitus: gleichmäßig grün, ohne Glanz, ohne Farben-

wechsel, leicht zerstörbar durch stärkere Belichtung und in ihrem Farbton unabhängig von der Blickrichtung. (Naumann und Gicklhorn 3.) Zur vergleichenden Beobachtung mit *Chromulina Rosanoffii* stand mir prächtiges Material aus einem Warmhausbassin des botanischen Gartens zur Verfügung. Durch Wochen hindurch hält sich *Chr. Rosanoffii* im Laboratorium vorzüglich und die beiden Chromulinen — smaragdgrüne und goldfarbige — nebeneinandergestellt, geben ein prächtiges Bild.

Hinzufügen möchte ich noch, daß schon die Rohkultur von *Chromulina smaragdina* mit Bedingungen zu rechnen hat, die nicht näher zu präzisieren sind. Bisher ist es mir nur gelungen, den Flagellaten in Ruhestadien auf feuchter Erde im Laboratorium zu halten; Proben von besonders hellglänzenden Streifen gingen selbst in Wasser vom natürlichen Standort nach 2—3 Tagen zugrunde, so daß für die Untersuchungen stets frisches Material geschöpft wurde, an dem — mit Ausnahme der Färbungen und mikrochemischen Reaktionen — alle hier angeführten Beobachtungen angestellt wurden.

Da mit dieser Notiz nur die Analyse eines neuen Beispieles auffallender Lichterscheinungen im Pflanzenreich gegeben werden soll und die wesentlichen Merkmale der Morphologie, Mikrochemie, Fortpflanzung und Lebensweise aufgeklärt scheinen, habe ich von dem Versuch einer Reinkultur und eingehender zytologischer Untersuchung von vornherein abgesehen.

Die Beobachtungen wurden im pflanzenphysiologischen Institut zu Zagreb (Agram) angestellt, dessen Vorstand, Herrn Prof. Dr. Vale Vouk ich auch an dieser Stelle für sein liberales Entgegenkommen und das Interesse an meinen mikrobiologischen Studien bestens danken möchte.

Literaturverzeichnis.

1) Bütschli, O.: in: Bronn's Klassen und Ordnungen Bd. 1 1883—87.
2) Gicklhorn, Jos.: Studien an Eisenorganismen. I. Mitteil. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. in Wien 1920.
3) —: Notiz über Stentor insignis als Ursache einer auffallenden Wasserverfärbung. Naturw. Wochenschr. Jahrg. 1921. Daselbst genaue Literatur über Wasserblüte, Wasserfärbung usw.
4) Klebs, G.: Flagellatenstudien. in: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 55.
5) Molisch, H.: Die Eisenbakterien. Fischer, Jena 1910.
6) —: Leuchtende Pflanzen. 2. Aufl. Ebenda 1912 (Daselbst genaue Literatur über Licht- und Leuchterscheinungen im Pflanzenreich.)
7) Pascher, A.: Die Süßwasserflora usw. Fischer, Jena 1913, H. 2 1913. (Chrysomonaden usw.) (Daselbst ausführliche Literatur.)
8) Senn: Flagellaten. in: Engler-Prantl, Natürl. Pflanzenfamilien I, 1a, 1900.



Die pulsierende Vakuole der Protozoen ein Schutzorgan gegen Aussüßung.

Studien über Anpassungen der Organismen an das Leben im Süßwasser.

Von

Dr. **Adolf Herfs**, Zoolog. Institut Bonn.

Einleitung.

Ein wichtiger Unterschied zwischen Pflanzen- und Tierzelle liegt in dem hohen Turgordruck der Pflanzenzelle, bedingt durch die stets gut entwickelte Zellmembran. Im Tierreiche spielt der Turgordruck dagegen durchweg eine ganz geringe Rolle. Dieser Unterschied zwischen Pflanzen- und Tierzelle ist nun von großer Bedeutung für die Anpassungen der tierischen und pflanzlichen Lebewelt an das Süßwasser. Da das innere Medium der Lebewelt des Meeres isotonisch mit dem Meerwasser ist, so besteht für die Organismen, die vom Meere in das Süßwasser übergehen die Gefahr der Aussüßung, indem infolge des höheren osmotischen Druckes der Zelle Wasser von außen solange in die Zelle eindringt, bis innen und außen osmotisches Gleichgewicht herrscht. Soll überhaupt Leben im Süßwasser möglich sein, so muß das stete Eindringen von Wasser in die lebende Zelle durch irgendwelche Anpassungen verhindert werden, oder aber das einströmende Wasser muß wieder hinausgeschafft werden. Bei der Pflanzenzelle wirkt nun der Druck der Zellulosemembran auf den Protoplasten als Turgordruck der Wirkung des osmotischen Drucks der Zelle entgegen und verhindert ein Eindringen größerer, nicht isotonischer Wassermengen in das Zellinnere. Die nackte Tierzelle, deren Zellwand nur aus einer dichteren oberflächlichen Protoplasmaschicht besteht, verfügt also nicht über eine

derartige Schutzvorrichtung gegen die Aussüßung des inneren Mediums wie die Pflanzenzelle. Soll ihr überhaupt das Leben im Süßwasser möglich sein, so muß sie über andere Anpassungen verfügen.

Die höheren Tierformen, vor allem die Cruster und die Vertebraten, sind ja schon durch eine festere und dickere Haut wenigstens gegen eine schnelle Aussüßung geschützt. Bei dauerndem Aufenthalte müßten allerdings auch sie der Aussüßung erliegen, wenn sie über keine zweckentsprechende Schutzvorrichtungen verfügten. Nun scheint bei diesen Tieren das Nierensystem das Organ zu sein, das das eindiffundierende Wasser wieder aus dem Körper schafft. Daß die Nierenorgane wirklich etwas mit der Schutzfunktion gegen Aussüßen zu tun haben, will schon wahrscheinlich dünken, wenn man berücksichtigt, daß den acoelen Turbellarien (*Aphanostomum*, *Amphichaerus*, *Convoluta* und *Schizopora*), die alle marin sind, die Nephridien fehlen, während die Süßwasserturbellarien Nephridien besitzen.

Eine weitere Stütze findet die Hypothese, die den Nierenorganen eine Schutzfunktion gegen Aussüßung zuschreibt, vielleicht in einer kleinen Beobachtung an Cercarien. Schon R. HESSE war es aufgefallen, daß die Endblase des Exkretionsorgans — wenn die Cercarien in physiologischer Kochsalzlösung untersucht wurden — nur sehr klein und schwer zu beobachten waren, daß diese Endblasen aber groß und deutlich werden, wenn man die Cercarien in Süßwasser bringt.

Prof. HESSE machte mich darauf aufmerksam, daß vielleicht die Ausleerung der Endblase, die in dem Verschwinden der Blase deutlich wird, in Lösungen von geringerer Konzentration und im Süßwasser in kürzeren Zeitabständen stattfinde wie in höher konzentrierten Lösungen. Durch eine genauere Untersuchung, deren Resultate ich im folgenden kurz wiedergebe, konnte ich HESSE's Vermutung vollauf bestätigen.

1. Untersuchung der Cercarien in Leberflüssigkeit selbst und in Blut von *Limnaea*.

Die Endblase ist nur schwer zu sehen, auch die Entleerung der Blase kann man nur schwer beobachten. Die Endblase ist nur klein und hat eine unregelmäßige, schlaffe Form. Ich beobachtete im *Limnaea*-Blute aber eine gewisse rhythmische Entleerung der Endblase, die sich äußerte in einem Schwinden der Blase nach

a) 12, 12, 12, 14, 13, 16, 14, 22 Sekunden,
b) 24, 12 Sekunden,
c) 26, 14 Sekunden.

Im Durchschnitt schwand die Endblase nach je 15,7 Sekunden.

2. Untersuchung in RINGER-Lösung.

Bringt man Cercarien in RINGER-Lösung, dann wird die Endblase nach einiger Zeit deutlicher und größer. Sie ist dann meist gut zu sehen und erscheint prall mit rundlich-ovaler Form.

Der Rhythmus im Schwinden der Endblase beträgt:

a) 12, 11, 8, 9, 14, 15, 16, 15 Sekunden,
b) 14, 16, 13 Sekunden,
c) 12, 16 Sekunden,
d) 17, 20, 15, 9, 21 Sekunden,
e) 15, 16, 8, 13, 15, 9, 7, 8, 19, 12, 16, 13 Sekunden.

Im Durchschnitt schwand die Endblase nach 13,1 Sekunden.

3. Untersuchung in 1/2 RINGER-Lösung (50 Teile RINGER-Lösung und 50 Teile aqua dest.).

Der Rhythmus der Endblase beträgt:

a) 10, 8, 6, 8 Sekunden,
b) 10, 10, 10 Sekunden,
c) 7 Sekunden,
d) 9 Sekunden,
e) 8, 8, 9 Sekunden,
f) 10, 6 Sekunden,
g) 8, 8, 7, 8 Sekunden,
h) 8, 8 Sekunden,
i) 9 Sekunden,
k) 8, 8, 8, 9, 8 Sekunden,
l) 9, 8, 9, 8 Sekunden.

Im Durchschnitt schwindet die Endblase nach 8,3 Sekunden.

4. Untersuchung im Süßwasser.

Die Endblase war stets nach einiger Zeit sehr deutlich zu sehen. Sie war stets besonders groß und prall.

Ihr Rhythmus beträgt:

a) 6, 7, 7, 6 Sekunden,
b) 7, 6, 8, 7, 6, 6, 8, 6, 8, 7, 7, 10, 7, 7 Sekunden,
c) 12, 10, 10, 12, 8, 11, 10 Sekunden,
d) 7, 4, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 5, 4, 6, 4, 5, 4, 4, 4, 4, 4, 5 Sekunden.
e) 6, 6, 6, 7, 7, 6, 6, 6, 6, 6, 7, 6, 7, 6, 6, 7, 7, 6, 6, 6, 6, 5, 5, 5, 4, 5, 7 Sekunden.

Im Durchschnitt schwindet die Endblase nach 6,3 Sekunden.

Es ist also wirklich ein beträchtliches Schnellerwerden der Endblasenentleerung in Lösungen von niederen Konzentrationen festzu-

stellen, und sicher liegt eine Deutung dieser Resultate im Sinne der Hypothese von der Schutzfunktion der Nierenorgane gegen Aussüßung nahe.

Es entsteht nun die Frage, wie solche Tierformen, die keine Nierenorgane besitzen, sich gegen eine Aussüßung schützen. Wir sehen, daß dünnhäutige und durchlässige Formen wie die Coelenteraten fast ausschließlich Meeresbewohner sind. Im Meere leben diese Organismen im isotonischen Medium. Es finden hier also keine Störungen im osmotischen Gleichgewicht statt. Trotzdem kennen wir unter den Coelenteraten einige Vertreter der Hydrozoen — unser Süßwasserpolyp *Hydra*, *Cordylophora lacustris* und *Limnocnida*, die sich an das Leben im Süßwasser angepaßt haben. Für *Cordylophora* „hat sich die Einwanderung z. T. direkt verfolgen lassen; in größeren Strömen dringt sie von der See durch das Brackwasser allmählich in das Süßwasser vor“ (Steche). Sie scheint allerdings immer noch eine gewisse Vorliebe für salzhaltiges Wasser zu besitzen. — „In den Mansfelder Seen, die sich durch einen nicht unerheblichen Salzgehalt auszeichnen, ist sie schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts beobachtet worden. Man hat sie dort als ein Relikt einer ehemaligen Meeresform auffassen wollen, ob mit Recht, ist sehr zweifelhaft“ (Steche).

Dagegen trifft diese Vermutung wohl für *Limnocnida*, einer zentralafrikanischen Hydroiden zu. — „Sie wurde zuerst im Tanganjikasee gefunden, dessen Fauna auch sonst Meerestypen aufweist. Diese Form, sowie eine zweite Gattung *Limnocodium* sind dadurch bemerkenswert, daß sie freie Medusen erzeugen, die sich ihrerseits wieder durch Knospung neuer Medusengenerationen vermehren und zu bestimmten Jahreszeiten Geschlechtsprodukte bilden. Man kannte zuerst nur diese Medusen und hat erst später die zugehörigen Polypen gefunden, die sehr klein (wenige Millimeter) und offenbar degeneriert sind“ (Steche).

Die Anpassung dieser scheinbar so ganz ungeschützten und dem Aussüßen völlig preisgegebenen Tierformen an das Süßwasser, erscheint deshalb so rätselhaft, weil bisher keinerlei Vorrichtungen zur Beseitigung des eindiffundierenden Wassers gefunden worden sind.

Noch bedeutungsvoller wird die Frage nach Schutzanpassungen gegen den Aussüßungsprozeß, wenn es sich um einzellige Tiere, um Protozoen handelt. Hier wird der ganze winzige Zelleib auf allen Seiten rings von Wasser umspült. Auch muß man bedenken, daß bei diesen kleinen Lebeformen die Oberfläche des Körpers, durch die im ganzen Umfange das Wasser eindiffundieren kann, im Ver-

hältnisse zu einem größeren vielzelligen Tiere ganz bedeutend größer ist. Trotzdem bevölkern gerade die Protozoen — im Gegensatz zu den Hydroiden, wo die Süßwasserformen als Ausnahmen anzusehen sind — in großer Artenzahl und Formgestaltung zahlreich fast jeden Süßwassertümpel.

Aus dieser Tatsache heraus kann man mit Gewißheit schließen, daß die Zelle des Süßwasserprotozoons Vorrichtungen besitzen muß, ein Aussüßen zu verhindern. Einen wichtigen Anhaltspunkt hierfür bietet ein Vergleich der Meeresprotozoen mit den Süßwasserformen. Wenn beispielsweise bei den meerbewohnenden Radiolarien die pulsierende Vakuole stets fehlt, während sie bei den Heliozoen, „den Radiolarien des Süßwassers" stets vorkommt, so darf man vielleicht in dem Auftreten der pulsierenden Vakuole eine Anpassungserscheinung an das Leben im Süßwasser erblicken.

Nun wird zwar für eine Reihe von Meeresprotisten das Vorhandensein einer „pulsierenden Vakuole" angegeben. Leider aber vermißt man meist gänzlich irgendwelche Angaben über die Art und den Rhythmus der Pulsation, so daß man in vielen Fällen nicht entscheiden kann, ob der Autor überhaupt ein wirkliches Pulsieren der Vakuole beobachtet hat. Andererseits darf man wohl aus dem völligen Fehlen solcher Angaben den Schluß ziehen, daß, wenn überhaupt ein Pulsieren der Vakuole stattfindet, der Pulsationsrhythmus sehr langsam sein muß; denn sonst würde man sicher häufiger auf Daten über die Pulsfrequenz der Vakuolen stoßen.

Es scheint sich übrigens in den meisten Fällen der Meeresprotozoen mit pulsierender Vakuole mehr um Brackwasserformen zu handeln. Da wir es nun beim Brackwasser stets um mehr oder minder stark ausgesüßtes Salzwasser zu tun haben, wird es verständlich, daß auch die Brackwassertiere schon im Besitze der Schutzorgane gegen Aussüßung sind. — Es müssen überhaupt, ganz allgemein gesprochen, die wichtigsten Anpassungserscheinungen für das Leben im Süßwasser bei den Meeresformen bereits im Brackwasser erworben werden, sonst ist für sie der Übergang ins Süßwasser einfach unmöglich, weil sie dort der Ungunst der neuen Lebensbedingungen längst erlegen wären, bevor sie sich an das fremde Medium angepaßt hätten.

Weil aber im Brackwasser der Gegensatz der osmotischen Verhältnisse zwischen äußerem und innerem Medium nicht so stark ausgeprägt ist wie im Süßwasser, so wird bei den Brackwasserformen natürlich in der Zeiteinheit eine kleinere Wassermenge in die Zelle hineindiffundieren wie bei den Süßwasserformen, und folglich braucht

in der gleichen Zeit auch nur eine kleinere Wassermenge wieder aus dem Körper herausgepumpt zu werden. Der Rhythmus der pulsierenden Vakuole bei Meeresprotisten muß also naturgemäß aus diesen Gründen weit langsamer und träger sein wie bei den Süßwasserformen.

Eine weitere Stütze findet die Auffassung, die pulsierende Vakuole als „osmotisches Organ“ anzusehen auch in der Tatsache, daß bei parasitischen Protozoen die Vakuole meist fehlt (so z. B. bei den parasitischen Flagellaten, vgl. R. Hertwig 1919 und A. Seligo 1884). Der parasitische Protist, besonders der Blutparasit, lebt ja auch in einem mit seiner Zellflüssigkeit isotonen Medium. Infolge des Fehlens eines osmotischen Gefälles findet also kein Eindiffundieren von Wasser in die Protozoenzelle statt, und damit wird auch hier das Fehlen einer pulsierenden Vakuole bei echten Parasiten verständlich.

Ich führe hier nach Doflein (1916, p. 110) die Frequenzzahlen für die Pulsation der kontraktilen Vakuolen einiger Protozoen an, um zu zeigen, daß bei Meeresprotisten und bei parasitischen Formen, wenn pulsierende Vakuolen überhaupt vorkommen, ihr Rhythmus im Vergleich zu den Süßwasserbewohnern ein sehr langsamer ist.

1)	*Oicomonas termo*	— fauliges Sumpfwasser	—	Pulsfrequenz	10	Sek.
2)	*Bicosoeca sp.*	— Süßwasser	—	„	10—12	„
3)	*Actinophrys sol.*	— „	—	„	10—80	„
4)	*Euglena deses*	— „	—	„	22—31	„
5)	*Gonium pectorale*	— „	—	„	26—60	„
6)	*Euplotes charon*	— „	—	„	31	„
7)	*Coleps hirtus*	— fauliges Sumpfwasser	—	„	48—50	„
8)	*Pyxidula operculata*	— „ „	—	„	100	„
9)	*Lagynus crassicollis*	— marin	—	„	2	Min.
10)	*Acinera incurvata*	— „	—	„	6—10	„
11)	*Cryptochilum echini*	— „ Parasit	—	„	20	„
12)	*Spirostomum teres*	— fauliges Sumpfwasser	—	„	30—40	„

Neben den marinen und den parasitischen Formen haben auch die Protozoen, die im fauligen Sumpfwasser leben, meist einen sehr langsamen Rhythmus der pulsierenden Vakuole. Besonders auffällig ist der sehr langsame Vakuolenrhythmus bei *Spirostomum.* Diese Form gehört nun sicher zu den größten Süßwasserprotozoen. Ihre Oberfläche ist im Vergleich zu den übrigen kleineren Formen geringer. Es diffundiert also auch bei der größeren Form relativ kleiner Wasser in der Zeiteinheit ein, wie bei den kleineren Formen. Dieses Oberflächen-Massen-Gesetz erklärt so die langsame Pulsation der kontraktilen Vakuole bei *Spirostomum.*

Übersicht über das Auftreten der pulsierenden Vakuole bei Protozoen. Unter den marinen Protozoen fehlt die pulsierende Vakuole stets den Sarkodinen (Rhizopoden, Heliozoen und Radiolarien), ferner auch den marinen Flagellaten (R. Griessmann 1914). Ebenso fehlt die pulsierende Vakuole stets den parasitischen Flagellaten (A. Seligo 1884 und R. Hertwig 1919, S. 189) und den Sporozoen. Eigenartig aber ist es, daß sehr viele marinen und ebenso eine Reihe von parasitischen Ciliaten pulsierende Vakuolen besitzen. Nun ist es interessant, daß es sich hier meist um Formen aus dem Littoral handelt. Das Meerwasser in der Nähe der Küsten ist vielfach durch zuströmendes Süßwasser mehr oder minder stark ausgesüßt. Daß aber bei Brackwasserformen pulsierende Vakuolen auftreten, ist, wie schon früher auseinandergesetzt wurde, gar nicht zu verwundern. Nun geben E. Maupas (1883) und H. Sahrhage (1915) gerade für marine Ciliaten häufig an, daß sie in fauligem, abgestandenem Seewasser gefunden würden und dort gut gedeihten usw. Da fauliges Seewasser nicht in offenem Meer vorkommt, so muß es sich wohl mehr um Wasser aus stagnierenden Küstenbuchten und Tümpeln handeln. Obwohl die meisten Autoren lebendes Material beobachteten und untersuchten, so stößt man häufig auf die widersprechendsten Angaben. Der eine Forscher gibt für eine Form eine pulsierende Vakuole an, der andere leugnet sie bestimmt ab. Zur Erklärung dieser Widersprüche kann man nun anführen:

1. Bei marinen Protozoen kommen häufig nichtpulsierende Flüssigkeitsvakuolen vor, die von manchen, besonders älteren Autoren einfach als pulsierende Vakuolen angesprochen wurden. So gibt z. B. K. Griesmann für die marine *Petalomonas abscissa* Duj. (1914) eine nichtpulsierende Flüssigkeitsvakuole an, Sav. Kent in seinem großen älteren Werk (1880—1882) dagegen schreibt derselben Art eine pulsierende Vakuole zu. (Siehe hierzu: Griessmann's Kritik an Kent, Griessmann (1914, S. 2, 69)).

2. Gerade in dem brackischen Wasser des Littorals muß der Salzgehalt des Wassers sehr schwanken, so daß die einzelnen Forscher häufig dieselbe Art in verschieden stark konzentriertem Seewasser untersuchen. Je nach der Höhe der Konzentration wird der eine Autor dann das Fehlen einer pulsierenden Vakuole feststellen können, der andere aber ihr Vorhandensein mit Recht behaupten können.

3. Gewiß sind die verschiedenen Angaben häufig auf den äußerst langsamen Rhythmus der pulsierenden Vakuole mancher marinen

Formen zurückzuführen, worauf schon O. BÜTSCHLI (1887—1889, S. 1414) hinweist.

Ich möchte nun eine Liste über marine Ciliaten bringen, damit man sich ein kleines Bild über das Vorhandensein und Fehlen der pulsierenden Vakuole machen kann. Die Liste ist hauptsächlich nach E. MAUPAS 1883 und H. SAHRHAGE 1915 aufgestellt.

1. Es ist keine pulsierende Vakuole vorhanden bei:

Folliculina ampulla O. F. M.,
Metacystis truncata COHN,
Trachelius gutta COHN,
Colpidium colpoda EHRBG., bei der marinen Form, bei der Süßwasserform (pulsierende Vakuole vorhanden.
Diophrys appendiculatus EHRBG., — liebt relativ reines Wasser.
Cothurina ingeniata O. F. M., „Kontraktile Vakuolen waren niemals zu beobachten, doch sind sie in den Süßwasserformen regelmäßig vorhanden“ — (SAHRHAGE).
Peritromus emmae STEIN., „Je l'ai rencontré une seul fois sur des algues recueillies dans le port d'Alger et dans l'eau de mer très pure et limpide“ (MAUPAS).
Condylostoma pateus MÜLLER.
Actinotricha salterus COHN,
Holosticha Lacazei MAUPAS,
Uronychia transfuga,
Strombidium urceolare,
„ *sulcatum*.

2. Eine pulsierende Vakuole ist vorhanden bei:

Prorodon marinus CLAP. u. LACH., sehr langsamer Rhythmus (SAHRHAGE),
Linotus fasciola O. F. M., „Die bei den süßwasserbewohnenden Individuen stets vorhandene kontraktile Vakuole liegt terminal und wurde auch von mir wiederholt beobachtet, allerdings durchaus nicht immer“ (SAHRHAGE).
Loxophyllum rostratrum COHN, „Eine pulsierende Vakuole habe ich bei *Loxophyllum* wiederholt beobachtet, aber immer nur in sehr abgestandenem Seewasser, niemals in ganz frischem Wasser“ (SAHRHAGE).
Dysterica monostyla EHRBG., pulsierende Vakuolen bisweilen beobachtet (SAHRHAGE).
Paramaecium marinum (KENT?),
Cyclidium citrullus COHN,

Lembus sarcophaga Cohn, pulsierende Vakuolen vorhanden —, wie man ja überhaupt bei fäulnisliebenden Meeresprotozoen diese fast ständig antrifft (Sahrhage).

Porpostoma notatum Möb. Pulsationsrhythmus: 3—4 Min. (Sahrhage).

Stichotricha secunda Perty,

Holosticha flavorubra Entz.,

Uroleptus piscis O. F. M.,

Oxytricha affinis Stein, und *O. pellionella* O. F. M., Sahrhage „traf beide Arten auch niemals in reinem Seewasser an, sondern stets nur in undurchlüfteten Aquarien, die in Fäulnis übergegangene Algenmassen und Miesmuscheln enthielten sowie in fauligem Grund von der Elisabethbrücke“.

Euplotes charon O. F. M.,

Apidisca lyncaster O. F. M., pulsierende Vakuole nnr in wenigen Fällen beobachtet (Sahrhage).

Vorticella nebulifera O. F. M.,

„ *microstoma* Ehrbg., besonders in faulendem, abgestandenem See- und Süßwasser.

„ *putrinum* O. F. M.,

Zoothamnium affine Stein,

Rhabdostyla commensalis Möb.,

Cothurnia innata O. F. M.,

Cryptochilum elegans Maupas,

„ *tortum* „ , Vakuolenrhythmus 15 Sek.

Cryptochilum Echini Maup., Vakuolenrhythmus über 20 Min. — Parasit in *Echinus*.

Nassula oblongata Maup.,

Holophrya oblonga Maup., langsamer Vakuolenrhythmus.

Lagynus crassicollis Maup., Vakuolenrhythmus 2 Min. „Il peut vivre dans l'eau déjà un peu putréfiée“ (Maupas).

„ *elongatus*, „Il peut très bien vivre dans les eaux putrides“ (Maupas).

Lacrymaria coronata Clap. u. Lach.,

Loxophyllum duplostriatum Maup., „L'eau un peu putride ne le gêne pas“ (Maugas).

Acineria incurvata (Duj.), Vakuolenrhythmus 6—12 Min. „Il s'y multiplie en grand nombre, surtout quand l'eau est déjà un peu vieille et que les algues commencent à entrer en décomposition“ (Maupas).

Uroleptus Roscovianus Maup., in reinem Meerwasser (Maupas).

3. Verschiedene Angaben über Vorhandensein und Fehlen der pulsierenden Vakuolen bei:

Lacrymaria lagenula CLAP. u. LACH., pulsierende Vakuole angegeben von CLAPARÈDE u. MÖBIUS, fehlt nach SAHRHAGE.

Chilodon crebicostatus MÖB., pulsierende Vakuole angegeben von MÖBIUS, fehlt nach SAHRHAGE.

Dysterica lanceolata CLAP. u. LACH., pulsierende Vakuole von mehreren Autoren angegeben, fehlt nach SAHRHAGE.

Condylostoma pateus O. F. M., pulsierende Vakuole in seltenen Fällen von SAHRHAGE beobachtet, von MÖBIUS nicht angegeben.

Holosticha multinucleata MAUP., pulsierende Vakuole fehlt nach SAHRHAGE, angegeben von MAUPAS.

Erwähnt sei im Anschluß hieran, daß G. ENTZ (1909) bei den Tintinniden des Meeres nie eine pulsierende Vakuole beobachtete.

Bei den Süßwassertintinniden treten dagegen pulsierende Vakuolen auf.

So beobachtete ENTZ bei:

Tintinnidium fluviatile einen Vakuolenrhythmus von 4 Min.,
bei „ *pusillum* „ „ „ $1-1^1/_2$ „

Übrigens scheint es mir interessant, daß die Infusorien aus dem Wiederkäuermagen durchweg „pulsierende Vakuolen" besitzen. *Cycloposthium bipalmatum* besitzt sogar 6 große Vakuolen. Leider konnte ich auch hier wieder in der Literatur keine Angaben über den Rhythmus dieser Vakuolen finden. Nun muß man bedenken, daß die Konzentration der Pansenflüssigkeit recht schwanken kann je nach der Wasseraufnahme des Wiederkäuers. Nach starker Wasseraufnahme ist die Konzentration natürlich sehr niedrig. Diese Infusorien aus dem Wiederkäuermagen müssen also imstande sein, das in ihren Zelleib einströmende Wasser wieder hinauszuschaffen. So wundert uns hier also das Auftreten kontraktiler Vakuolen nicht. Andererseits ist es bemerkenswert, daß bei *Bütschlia parva* SCH. nach A. SCHUBERG (1888) keine pulsierende Vakuole vorkommt. R. EBERLEIN (1895) konnte zwar hin und wieder an der gleichen Form eine pulsierende Vakuole beobachten. Er erwähnt aber ausdrücklich, daß sie in den meisten Fällen fehlt.

Eigenartigerweise fehlt aber den übrigen nichtciliaten Protozoen aus dem Wiederkäuermagen die pulsierende Vakuole ganz allgemein, so bei *Entamöba bovis* LIEBET., *Monas communis* LIEBET., *Piromonas communis* LIEBET., *Callimastix frontalis* BR.

Wenn man sich dies alles gut überlegt, so scheinen in der Tat die Ciliaten durchweg sehr hartnäckig an dem Besitze der pulsierenden Vakuole festzuhalten. Ohne daß diese Beobachtungen nun der Auffassung von der Schutzfunktion der pulsierenden Vakuole gegen Aussüßung des inneren Zellmediums zu widersprechen brauchen, scheinen sie immerhin darzutun, daß die pulsierende Vakuole der Ciliaten durchweg erst bei einer höheren Konzentration des äußeren Mediums schwindet wie bei den meisten übrigen Protozoen. Vielleicht darf man aus diesen Beobachtungen heraus auf einen höheren osmotischen Druck des inneren Zellmediums bei den Ciliaten im Vergleich zu den übrigen Protisten schließen.

Im Gesamtbilde unserer Auffassung ist es vielleicht nicht uninteressant, auf eine Beobachtung von C. Chun (1903) inbezug auf die vertikale Verteilung des Planktons in den antarktischen Meeren hinzuweisen. Chun beobachtete nämlich, daß die oberflächlichen Wasserschichten bis zu einer Tiefe von 40 m ärmer an Planktonorganismen sind als die tieferen Wasserschichten. „Es ist nicht leicht zu sagen, welche ungünstigen Bedingungen an der doch direkt vom Sonnenlicht bestrahlten Oberfläche das spärliche Auftreten von Organismen herbeiführen möchten. Die Temperatur kann kaum von Einfluß sein, da die Oberfläche, wie wir schon früherhin betonten, ein wenig wärmer ist als das Wasser in den Schichten zwischen 40 und 80 m. Vielleicht dürfte darauf hingewiesen werden, daß diesen auf äußere Verhältnisse so fein reagierenden Organismen der geringe Salzgehalt der oberflächlichsten Schichten nicht zusagt. Ihnen mischt sich etwas reichlicher das Schmelzwasser der Eisberge und Eisfelder bei, und so kommt es, daß ihr Salzgehalt nur 33,7 ‰ beträgt, während er erst in tieferen Schichten (bei 150 m) 34 ‰ erreicht und dann langsam gegen den Grund zunimmt. Mehrmals fiel uns auf, daß in nächster Nähe der Eisfelder die Oberfläche am ärmsten an Organismen war“ (Chun 1903, S. 205—206). Diese Festellung der Valdivia-Tiefseeexpedition stimmt sehr gut mit der Auffassung von der Schutzfunktion der pulsierenden Vakuole gegen Aussüßung — um nur auf die Protozoen des Planktons hinzuweisen. Es ist dann verständlich, daß Formen ohne pulsierende Vakuole in den salzärmeren Oberflächenschichten des Wassers nicht leben können, da sie hier der Aussüßung erliegen würden. Diese empfindlichen Organismen weichen so den für sie ungünstigen Bedingungen aus, indem sie in das tiefere, salzreichere Wasser versinken.

Über die Entstehung der pulsierenden Vakuolen schreibt nun

W. Stempell (1914): „Dieselben konnten in typischer Form erst entstehen, als die freilebenden Meeresprotisten zum Süßwasserleben übergingen, denn erst hier wurde eine Einrichtung nötig, den nun auftretenden osmotischen Druck auszugleichen. Man darf annehmen, daß schon vorher, wie etwa heute noch bei den Dinoflagellaten Reservoire gebildet worden waren, welche den Inhalt der Exkretionskanäle für einige Zeit aufspeicherten, und daß solche Reservoire beim Übergang zum Süßwasserleben einfach dadurch zu Regulatoren des osmotischen Druckes und damit zu pulsierenden Vakuolen wurden, daß die Hypertonie der Exkretstofflösungen und der im Süßwasser unvermeidlich höhere Wasserzufluß zum Protoplasma die osmotischen Erscheinungen an den Reservoiren auslöste."

Literatur.

Schon M. J. Rossbach (1872) hatte feststellen können, daß der Rhythmus der pulsierenden Vakuole in höher konzentrierten Salzlösungen bedeutend langsamer ist wie im Süßwasser. Doch führte er diese Erscheinung nicht auf osmotische Vorgänge zurück.

Der Gedanke die pulsierende Vakuole als „osmotisches Organ" zu betrachten, wurde wohl zuerst von M. Hartog (1888) ausgesprochen.

A. Degen (1905) kam auf Grund eingehender Versuche zu demselben Schluß, daß die pulsierende Vakuole als „osmotisches Organ" das eindiffundierende Wasser wieder aus der Zelle hinausschaffe. Degen züchtete *Glaucoma colpoda* in verschieden stark konzentrierten Lösungen von Rohrzucker, Glycerin, Magnesiumsulfat, Kalium- und Natriumchlorid usw. Er konnte dabei zeigen, daß in schwächer konzentrierten Lösungen der Rhythmus der pulsierenden Vakuole bedeutend schneller ist wie in höher konzentrierten Lösungen. Für die isotonischen Lösungen der verschiedenen Chemikalien, die bei Degen's Versuchen zur Anwendung kamen, ist wenigstens für die isotonischen Lösungen niederer Konzentrationsgrade eine ziemliche Übereinstimmung der Pulszahlen festzustellen. Bei höher konzentrierten Lösungen tritt diese Übereinstimmung aber weniger gut hervor. Ich bringe hier eine kleine Tabelle, die ich nach einer Tabelle Degen's zusammengestellt habe, die eine kurze Übersicht über Degen's Resultate aus seinen Versuchen mit isotonischen Lösungen geben soll. Die in meiner Tabelle (S. 90) angeführten Werte sind Mittelwerte aus den von Degen gebotenen Einzelwerten.

R. Florentin (1899) überführte Limaxamöben (*Hyalodiscus limax*) aus dem Süßwasser in Meerwasser. Dabei beobachtete er

	Konzentration Mol. in Liter			
	0,0025	0,005	0.0075	0,01
	Mittleres Pulsintervall in Sekunden			
Rohrzucker	22,3	24,7	30,4	39,3
Glycerin	21,7	24	31,3	42
Magnesiumsulfat	20,7	28,6	41,6	57,6
Kaliumchlorid	20,6	31,2	50,7	111,7
Natriumchlorid	21,7	39.9	41,4	116,2
Kaliumnitrat	19,9	32,4	64	88,3
Natriumnitrat	20,4	32,1	47,8	132
Natriumsulfat	22,4	32,6	53,6	83,8

nur bei einem Teile seiner Versuchstiere das Schwinden der pulsierenden Vakuole. Bei anderen Individuen dagegen schwand sie nicht, sondern war selbst noch nach 1 Jahre vorhanden.

A. Gruber (1899) paßte die marine Form von *Actinophrys sol* an das Süßwasser an. Obwohl in kurzer Zeit schon das Plasma die blasige Beschaffenheit der Süßwasserform annahm, trat keine pulsierende Vakuole auf. Daraus zieht Gruber den etwas eigenartigen Schluß, daß die pulsierende Vakuole „jedenfalls durch Naturzüchtung und nicht plötzlich entstehen kann“.

Von besonderem Interesse sind auch die Experimente von M. Zuelzer an *Amoeba verrucosa* (vgl. M. Zuelzer 1907 u. 1910).

Bei *Amoeba verrucosa* beträgt die Pulsationsdauer der pulsierenden Vakuole im Süßwasser je nach der Größe des Tieres und der jeweiligen Temperatur 4—7 oder 7—12 Min. Zuelzer übertrug die Amöben in eine Mischung von 9 Teile Kulturwasser und 1 Teil Meerwasser und erreichte so ein Gemisch von etwa $^{8}/_{10}$ % NaCl. Die Konzentration wurde dann heraufgesetzt durch langsames Abdunstenlassen. „Bei einer Konzentration von 5 Teilen Meerwasser und 5 Teilen Kulturwasser (bei 1 $^{1}/_{2}$ % Salzgehalt) verschwindet die pulsierende Vakuole. Setzt man wieder Süßwasser zu, so tritt schon in 24 Stunden wieder eine pulsierende Vakuole auf. „Nach 6—7 Tagen waren die Amöben wieder vollständig normal und den Kontrolltieren gleich.“ — „Zur Anpassung an das Meerwasser bis zum völligen Verlust der pulsierenden Vakuole waren mindestens 3 Wochen erforderlich gewesen.“ — Zuelzer ist der Auffassung, daß „die Bildung rhythmisch pulsierender Vakuolen vom jeweiligen Zustande des Protoplasmas abhängt, und dieser mit der Beschaffenheit des osmotischen Druckes des umgebenden Mediums in direkter Wechselwirkung steht.“

K. Griessmann (1914) überführte einen Flagellaten *Monas guttula* Ehrbg. aus dem Süßwasser in Meerwasser. Er beobachtete da-

bei wie M. Zuelzer bei Amöben ein Schwinden der pulsierenden Vakuole.

Endlich hat auch W. Stempell (1914) in einer ausführlichen Arbeit an *Paramaecium caudatum* sich mit dem Problem der pulsierenden Vakuole auseinandergesetzt. Auch Stempell steht auf dem Standpunkt der Osmosetheorie der pulsierenden Vakuole. Von Degen weicht er aber in mehreren theoretischen Gesichtspunkten nicht unbedeutend ab, so besonders in bezug auf die „Permeabilität der Vakuolenmembran". Da nämlich Degen keine präformierten Öffnungen zwischen pulsierender Vakuole und Außenwelt beobachten konnte, „kommt er zu der Ansicht, daß die Vakuolenwandung bei der „Diastole" durch Dehnung schließlich „permeabel" werde und dem Vakuoleninhalt dann den Durchtritt nach außen und in die Bildungsvakuolen gestatte." — Diese „wenig plausible Theorie", die schon Khainsky (1910) lebhaft bekämpft hatte, sucht Stempell durch eine bessere theoretische Auffassung zu ersetzen. Er konstruierte auch einen komplizierten Apparat, der die Funktion der pulsierenden Vakuole erklären und erläutern soll. Da ich mich aber in dieser Arbeit nicht mit der „Theorie der pulsierenden Vakuole" auseinandersetzen will, gehe ich hier nicht weiter auf diese theoretischen Vorstellungen ein. Wer sich für die Theorie der pulsierenden Vakuole näher interessiert, sei hier nur auf A. Degen (1905), Khainsky (1910) und W. Stempell (1914) verwiesen.

Stempell kommt zu der Schlußfolgerung: „Daß auch in allen diesen Fällen die eigentliche pulsierende Vakuole ein wesentlich osmotisches System ist, hat M. Zuelzer (1910) durch ihre Versuche überzeugend nachgewiesen, denn wie könnte die Vakuole bei Züchtung in Meerwasser verschwinden, wenn sie noch andere lebenswichtige, etwa exkretorische Funktion zu erfüllen hätte."

„Alles in allem wäre daher die pulsierende Vakuole unserer Süßwasserprotozoen eine Organelle, welche sich zwar in Anschluß an respiratorische und exkretorische Tätigkeiten des Protoplasmas entwickelt hat, und welche diese Funktion auch jetzt noch unterstützt, deren vornehmste Aufgabe aber in der Hinausschaffung des osmotisch eingedrungenen Wassers besteht."

Eigene Untersuchungen.

Eigene Untersuchungen stellte ich an:

1. an Süßwasserprotisten, *Paramaecium caudatum* und einem meist vier Macronuclei besitzenden hypotrichen Ciliaten, den ich als *Gastrostyla Steinii* Engelm. bestimmte,

2. an parasitischen Ciliaten aus dem Froschdarm (Enddarm), *Nyctotherus cordiformis*, *Balantidium entozoon* Clap. u. Lachm., *Opalina ranarum* Purk. u. Val.

Zur Methode der Untersuchung.

1. Die Süßwasserciliaten untersuchte ich zunächst in Kulturwasser, dann brachte ich sie in Lösungen von 0,25 %, 0,5 %, 0,75 %, 1 % (bzw. 1,1 %) und 1,25—1,5 % NaCl. Zuerst setzte ich zu der Kultur im Süßwasser tropfenweise stärker konzentrierte Salzlösungen (von 0,75 %, 1,5 %, 3 % NaCl) hinzu und zwar meist mit längeren Pausen (von 6—8 Stunden). So nahm das Einsalzen meist mehrere Tage — bei *Gastrostyla* einmal um von etwa 0,2—1,25 % NaCl zu steigen ganze 10 Tage — in Anspruch. Später machte ich die Erfahrung, daß meine Versuchstiere gar nicht so empfindlich waren, und daß sie eine Steigerung von 0—0,25 %, von 0,25—0,5 %, von 0,5—0,75 % NaCl auf einmal sehr gut vertragen ohne Schaden zu leiden. Bei einer Steigerung über 0,75 % NaCl aber wird *Paramaecium* wenigstens schon empfindlicher. Darum empfiehlt sich von 0,75 % NaCl ab eine geringere als 1/4 % Steigerung. *Gastrostyla* ist weit weniger empfindlich gegen stärkere NaCl-Lösungen wie *Paramcacium caudatum* Ehrbg. und *Colpidium colpoda* Ehrbg. Sehr widerstandsfähig gegen stärkere NaCl-Lösungen scheinen auch die Vorticellen zu sein.

Gastrostyla konnte bis 2 % NaCl-Lösungen vertragen ohne sichtbar geschädigt zu werden. Bei dieser Konzentration zeigte dieser Ciliat keinerlei Zelldeformationen und büßte nicht im geringsten die normale Bewegungsfähigkeit ein. In 2 % NaCl-Lösung verschwanden die meisten Ciliaten — Vorticellen waren allerdings noch häufig vorhanden. — Die größte Mehrzahl der Infusorien hatte sich encystiert. Dies hing aber sicher nicht allein von der Salzkonzentration, sondern auch von dem entstehenden Nahrungsmangel ab. So waren die Infusorien in einem Falle 19 Tage der Einsalzung unterzogen worden; als Futter standen ihnen nur die Nahrungsstoffe, Bakterien usw. zur Verfügung, die in dem geringen Teil Kulturwasser, in dem sie eingesalzen wurden, vorhanden waren. Die Colpidien hatten sich schon bei 1,5 % NaCl encystiert, soweit sie nicht starben.

Das beste Zeichen, daß die Infusorien sich wirklich an die Salzlösungen gut angepaßt haben, ohne daß eine erhebliche Giftwirkung wahrzunehmen ist, sind folgende Kennzeichen:

1. normale Körperzellform (ohne Quellungs- und Schrumpfungserscheinungen),
2. normale Beweglichkeit,
3. Teilungsfähigkeit. Während höhere NaCl-Lösungen die Teilungsfähigkeit sicher stark herabsetzen — das gilt etwa von 0,75 % NaCl ab — scheinen niedere Konzentrationen besonders 0,25 % auch noch 0,5 % NaCl eine gesteigerte Teilungsfähigkeit zu bewirken. Das gilt besonders für *Gastrostyla*, die sich in 0,25—0,5 % NaCl besonders stark vermehrten.

Statt gewöhnlicher NaCl-Lösungen benutzte ich in mehreren Fällen Ringer-Lösungen (0,6 % NaCl, 0,42 % KCl, 0,024 % $CaCl_2$, 0,03 $NaMCO_3$). Der Zusatz von KCl, $CaCl_2$, $NaMCO_3$ soll die Giftwirkung des NaCl herabsetzen.

2. Die oben erwähnten Ciliaten aus dem Enddarm des Frosches kommen bei allen einheimischen Ranaarten vor. *Nyctotherus* scheint aber bei *Rana esculenta* weniger häufig zu sein. *Nyctotherus* fand ich neben den anderen angeführten Darmciliaten auch häufig bei unseren Bufoarten.

Ich versuchte zunächst die Ciliaten im Darmschleim bzw. in der Darmflüssigkeit selbst zu untersuchen. Vielfach aber war der Darminhalt so trocken, daß dies unmöglich war, dann setzte ich einen Tropfen physiologischer Kochsalzlösung (von 0,75 % NaCl) hinzu. Die Pulsationsdauer der Vakuole wurde bestimmt und dann langsam ausgesüßt, indem ich tropfenweise destilliertes Wasser bzw. Leitungswasser zusetzte. Zuletzt brachte ich sie in reines Süßwasser (Leitungswasser) und untersuchte dann den Rhythmus der pulsierenden Vakuole.

Sämtliche angeführten Darmciliaten ließen sich bei einiger Vorsicht gut an das Süßwasser anpassen, ohne irgendwelche Körperdeformationen oder Bewegungsstörungen usw. zu zeigen. Teilungsstadien beobachtete ich im Süßwasser — wenigstens von *Balantidium* und *Nyctotherus* — nicht häufig. Sie kamen aber auch in physiologischer Kochsalzlösung nur selten zur Beobachtung. Einmal beobachtete ich *Nyctotherus cordiformis* in Teilung in einer ausgesüßten Kultur. Die Dauer der Teilung nahm etwa 2½—3 Stunden in Anspruch.

Der Rhythmus der pulsierenden Vakuole hängt nun von allerlei Faktoren ab,

1. von äußeren Faktoren. Hier kommt zuerst

a) die Temperatur in Betracht, und zwar wird bis etwa 30° C mit steigender Temperatur der Rhythmus schneller. Vgl. A. Kanitz (1907). Infolge der großen Abhängigkeit der Pulsfrequenz von der Temperatur haben Angaben ohne Temperaturvermerk nur beschränkten Wert. Ein Vergleich zwischen den Rhythmen der Vakuole unter verschiedenen Bedingungen ist nur bei annährend gleicher Temperatur möglich.

b) Berührungs- und Druckreize. Man beobachtet eine bedeutende Veränderung des Rhythmus der pulsierenden Vakuole, wenn man dasselbe Tier zuerst freischwimmend und dann etwa durch Absaugen des Wassers thigmotaktisch festgelegt beobachtet. Auf den Einfluß der Thigmotaxis auf den Rhythmus der pulsierenden Vakuole bei *Paramaecium* hat schon A. Pütter (1900) hingewiesen. Der Rhythmus der Vakuole wird dabei entschieden verlangsamt. Ebenso wirkt auch der Druck des Deckglases auf die Pulsationsdauer ein. Stempell (1914, S. 447) schreibt darüber: „Diese Erscheinung — — — ist aber wohl relativ leicht auf osmotische Wirkungen zu beziehen, da offenbar durch das Festlegen zwischen zwei Glasplatten ein großer Teil der Oberfläche der Osmosewirkung entzogen wird, außerdem auch die O-Aufnahme, die — — — eine große Rolle beim Zustandekommen der Osmosewirkung in der Zelle spielt, durch die Glasplatten und das Stillstehen eingeschränkt wird, und endlich weil durch den äußeren Deckglasdruck ein Gegengewicht gegen den intracellulären osmotischen Druck geschaffen wird." Für die Untersuchungstechnik ist die große Abhängigkeit des Pulsationsrhythmus vom Deckglasdruck und der Thigmotaxis von besonderer Wichtigkeit. Je nachdem man die Ciliaten unter Deckglas oder in einem Tropfen auf dem Objektträger ohne Deckglas bzw. im hängenden Tropfen im hohlgeschliffenen Objektträger, ob man sie freischwimmend oder in thigmotaktischer Ruhelage untersucht, wird man jedesmal andere Resultate für die Pulsfrequenz erhalten. Aus der Verschiedenheit der Beobachtungsweise gerade in diesem Punkt erklären sich die großen Unterschiede der Pulsationsrhythmen, die von den verschiedenen Autoren z. B. für dieselbe Art gemacht werden.

c) Abhängigkeit des Pulsationsrhythmus vom Sauerstoff. Auch durch Sauerstoffmangel wird der Rhythmus der pulsierenden Vakuole verlangsamt. Vgl. Stempell 1914, S. 454. Zum Teil erklärt sich sicher so die Tatsache, daß bei längerer Beobachtung ein und des-

selben Tieres der Vakuolenrhythmus allmählich, aber anhaltend langsamer wird, so daß in den Protokollen die Endwerte einer Beobachtungsreihe fast stets die höchsten sind. Sehr empfindlich sind allerdings sonst die Ciliaten nicht gerade gegen Sauerstoffmangel, und bei den parasitischen Formen, *Nyctotherus* usw. aus dem Enddarm des Frosches kann der Einfluß des Sauerstoffmangels sicher nicht sehr bedeutend sein, da diese Tiere normalerweise stets in einem sauerstoffarmen Medium leben. Von fast größerem Einfluß wie der Sauerstoffmangel erscheint mir

d) die Erhöhung der Außenkonzentration auf den Rhythmus der Vakuole zu sein. Hat man z. B. in einem Präparat viele Darmciliaten, so bemerkt man häufig, daß die Pulsfrequenz der pulsierenden Vakuole von *Nyctotherus* allmählich, häufig sogar ziemlich schnell, abnimmt. Ich führe die Erscheinung darauf zurück, daß die Infusorien durch ausgeschiedene Exkrete die Konzentration des Tropfens erhöhen und damit das osmotische Gefälle herabsetzen, so daß infolge des geringen Konzentrationsunterschiedes zwischen Außenmedium und innerem Zellmedium jetzt weniger Wasser in der Zeiteinheit in die Zelle einströmt.

Auch findet man häufig, daß der Vakuolenrhythmus bei Individuen gleicher Art, die aber aus verschiedenen Kulturen stammen, recht abweichend sein kann. Das mag z. B. daran liegen, daß die eine Kultur älter und volkreicher ist wie die andere, so daß mehr Exkretstoffe in das Kulturwasser abgeschieden sind. Die Pulszahl dieser Infusorien muß dann also niedriger sein wie bei solchen, die aus einer frischen vielleicht auch weniger volkreichen Kultur stammen. Hier muß der Rhythmus natürlich schneller sein.

2. Von inneren Faktoren.

Die Pulszahl ist nun aber selbst bei Tieren derselben Art, die aus der gleichen Kultur stammen, und die denselben Versuchsbedingungen unterworfen sind, durchaus nicht gleich. Sie schwankt häufig ziemlich bedeutend bei Tieren, die man im gleichen Präparat hat.

Wir sehen also, daß eine ganze Reihe von Faktoren den Rhythmus der pulsierenden Vakuole beeinflussen, und vielleicht kommen zu den genannten äußeren Faktoren noch eine Reihe anderer Faktoren, deren Einfluß wir heute aber noch nicht kennen, und die wir deshalb nur als innere Faktoren betrachten.

I. Die Süßwasserciliaten.

Stimmt die Annahme, daß die pulsierende Vakuole ein Schutzorgan gegen Aussüßung ist, dann muß der Rhythmus der Vakuole,

wenn man die Tiere in stufenweis gesteigerte Konzentrationen einer NaCl-Lösung bringt, auch stufenweise verlangsamt werden. Ja bei einer gewissen Konzentration muß im äußeren Medium wie im inneren der Zelle osmotisches Gleichgewicht herrschen, und das Spiel der pulsierenden Vakuole muß aufhören. Sie muß entweder zu einer ruhenden Vakuole werden oder sogar völlig schwinden. Mindestens muß der Rhythmus aber so verlangsamt werden, daß man ihn praktisch gleich ∞ setzen kann.

Mit diesen Überlegungen trat ich an die experimentelle Prüfung unserer Frage heran. Durch meine Versuche konnte ich auch wieder, wie M. Zuelzer (1907) und W. Stempell (1914) vorher, diese theoretische Überlegungen bestätigen und neues Beweismaterial schaffen.

Ich bringe im folgenden nur kurz die Endresultate meiner Versuchsreihen, um eine unliebsame Länge der Arbeit in der heutigen teueren und papierknappen Zeit nach Möglichkeit zu vermeiden. Meine Daten stellen jedesmal die Mittelwerte meiner Versuchsreihen dar.

Im folgenden bedeutet:

V.V. = Vordere Vakuole } bei Paramaecium.
H.V. = Hintere Vakuole }
P = Zahl der beobachteten Pulsationen.

Die Pulsationsdauer wird meist in Sekunden (Sek.) angegeben, oder in Minuten (Min.).

Paramaecium caudatum Ehrbg.

1. In Kulturflüssigkeit (°/₀ NaCl).

a) Beobachtungen unter Deckglas

bei 14—15° C. 1 Tier, frei beweglich,

V.V. — 4 P — 44,75 Sek. } Gesamtdurchschnitt von
H.V. — 9 P — 32,55 „ } 13 P — 38,65 Sek.

V.V. wurde am selben Tier aber nach H.V. beobachtet, daher der längere Rhythmus (s. oben S. 339c).

bei 16—18° C. 2 Tiere, frei beweglich,

V.V. — 17 P — 11,7 Sek. } Gesamtdurchschnitt von
H.V. — 7 P — 12,7 „ } 25 P — 12,2 Sek.

bei 18—19° C. 4 Tiere, 3 freie und 1 festliegend,

a) 3 Tiere frei: V.V. — 45 P — 14,73 Sek. } Gesamtdurchschnitt
H.V. — 33 P — 13,1 „ } von 78 P — 13,9 Sek.

b) 1 Tier fest: V.V. — 5 P — 16 Sek.

bei 22,5° C

α) ruhig liegendes Tier

V.V. — 28 P — 7,85 Sek.

β) wenig bewegliches Tier

V.V. — 38 P — 4,84 Sek.

γ) völlig bewegliches Tier

V.V. — 42 P — 6,1 Sek.

H.V. — 93 P — 6,38 Sek.

b) Beobachtung ohne Deckglas oder im hängenden Propfen

bei etwa 20° C. 6 Tiere, frei. Bei einem Tier werden 42 P hintereinander untersucht,

V.V. — 74 P — 6,2 Sek.

H.V. — 56 P — 6,6 Sek, Hier war die Temp. etwa 19° C.

bei 20—21° C. Frei beweglich,

V.V. — 25 P — 7,7 Sek.

bei 21—22,5° C. Frei beweglich,

α) H.V. — 69 P — 5,94 Sek.

besonders schnell bewegliche Tiere zeigten im Durchschnitt eine Pulsationsdauer von 4—5 Sek.

β) 2 Tiere frei beweglich

V.V. — 23 P — 6,1 Sek.

4 Tiere, H.V. — 93 P — 6,1 „

Gesamtdurchschnitt: α—β V.V. u. H.V. — 185 P — 6,05 Sek.

bei 22,5° C. V.V. — 2 P — 7 Sek.

H.V. — 23 P — 8,26 Sek.

bei 23—24° C. Tier sehr beweglich,

V.V. — 75 P — 5,46 Sek.

H.V. — 8 P — 6 Sek.

bei 24—25° C. Mehrere Tiere, frei beweglich,

V.V. — 70 P — 4,9 Sek.

H.V. — 8 P — 5,62 „

Gesamtdurchschnitt: In 0% NaCl (ohne Deckgl.) bei 22—23° C

V.V. u. H.V. — 606 P — **6,32 Sek.**

2. In 0,25 % NaCl.

a) Unter Deckglas

bei 14—15° C. 6 Tiere, frei beweglich, 24 Stunden in 0,25 % NaCl.

I. V.V. — 41 P — 19,64 Sek.

H.V. — 19 P — 17,05 „

bei 22—23° C. Mehrere Tiere, 24 Stunden in 0,25 % NaCl., frei,
II. V.V. — 11 P — 12,9 Sek.
H.V. — 15 P — 16,9 „

b) Ohne Deckglas

bei 19° C. Mehrere Tiere, 24 Stunden in 25 % NaCl.,
V.V. = 23 P — 13,2 Sek.
bei 21° C. 5 Tiere, 3 frei beweglich, 2. thigm. festliegend, 24 Stunden in 0,25 % NaCl.,
V.V. — 57 P — 8,57 Sek.
H.V. — 47 P — 7,34 „
bei 21—22° C. Mehrere Tiere,
V.V. — 42 P — 9,7 Sek.
bei etwa 23° C. Seit 3 Tagen in 0,25 % NaCl, frei beweglich,
V.V. — 97 P — 8,1 Sek. gezählt an 7 Tieren.
H.V. — 162 P — 8,2 „ gezählt an 9 Tieren.
Gesamtdurchschnitt: In 0,25 % NaCl (o. Deckl.) bei 20—22 C.
V.V. u. H.V. — 428 P — **9,33 Sek.**

3. In 0,5 % NaCl.

a) Unter Deckglas

bei 14—15° C. 9 Tiere, 48 Stunden in 0,5 % NaCl, 2 Tiere thigmotaktisch fest, die übrigen frei,
V.V. — 52 P — 30,11 Sek.
H.V. — 36 P — 32,41 „

b) Ohne Deckglas

bei 15—16° C. 12 Tage seit Beginn der Einsalzung,
H.V. — 9 P — 52,8 Sek.
Der hohe Wert erklärt sich vielleicht so: Am Morgen des Untersuchungstages betrug die Temperatur etwa 14° C und stieg zum Nachmittag erst auf 19° C,
bei 19—20° C. 12 Tage seit Beginn der Einsalzung,
H.V. — 16 P — 23,4 Sek.
bei 19—20° C. 13 Tiere, 2 Tage in 0,5 % NaCl, meist (bis auf 2) frei beweglich,
V.V. — 54 P — 13,7 Sek.
H.V. — 54 P — 15 „
bei 21—22° C. 24 Stunden in 0,5 % NaCl, 12 Tiere, lagen teils thigmotaktisch fest, meist aber frei beweglich,
V.V. — 76 P — 11,9 Sek.
H.V. — 27 P — 11,38 „

bei 22—23° C. V.V. — 92 P — 13,1 Sek.
bei 25° C. 1 Tier, 8—9 Tage seit Beginn der Einsalzung,
V.V. — 15 P — 14,4 Sek.
H.V. — 7 P — 10,7 „

Gesamtdurchschnitt: In 0.5% NaCl (o. Deckgl.) bei 19—20° C.
V.V. u. H.V. — 350 P — **18,37 Sek.**

4. In 0,75 % NaCl.

a) Unter Deckglas

bei 13—14° C. 1—2 Tage in 0,75 % NaCl, etwa 6 Tiere,
V.V. — 43 P — 46,63 Sek. } Mehrfach beobachtete
H.V. — 21 P — 46,19 „ } ichTiere inConjugation.

b) Ohne Deckglas

bei 14° C. V.V. — 1 P — 23 Sek.
H.V. — 10 P — 28,5 „
bei 20° C. V.V. — 26 P — 24 Sek.
H.V. — 3 P — 24 „
bei 25—26° C. 10 Tage seit Beginn der Einsalzung, 1 Tier,
V.V. — 34 P — 26 Sek.
H.V. — 63 P — 23 „

Gesamtdurchschnitt: In 0,75% NaCl (o. Deckgl.) bei 19—20° C.
V.V. u. H.V. — 137 P — **24,75 Sek.**

5. In 1 % NaCl.

b) Ohne Deckglas

bei 17—18° C. 4 Tiere,
V.V. — 46 P — 23 Sek. } Abgerundete Werte.
H.V. — 37 P — 24 „ }
bei 22° C. Konzentration 1—1,1 % NaCl, 9 Tage seit der Einsalzung,
V.V. — 10 P — 68 Sek.
bei 21—22° C. Konzentration 1—1,1 % NaCl,
α) H.V. — 6 Min. 27 Sek. — 9 P.

V.V. war kleiner und schien einen schnelleren Rhythmus zu haben etwa 3—4 Minuten bei 21° C. Das Tier war sehr beweglich und zeigte keinerlei Absterbungserscheinungen.

β) V.V. — 4 P — 5 Min. 15 Sek.

H.V. war groß, zeigte aber während 1/2 Stunde keine Pulsation. Auch dieses Tier war von normaler Beweglichkeit und zeigte keinerlei

Absterbungserscheinungen. Zu beachten ist, daß α und β aus derselben Versuchsreihe stammen wie das bei 22° C aufgeführte Tier. Es scheint also, daß bei einzelnen Tieren eine weitergehende allmähliche Rückbildung der Vakuole eingetreten ist.

Gesamtdurchschnitt von 1%—1,1% NaCl (o. Deckgl.) bei 19—20° C.
V.V. u. H.V. — 106 P — 2 Min. 43 Sek.

Gastrostyla Steinii Engelm.

Gastrostyla Steinii Engelm., ein 4kerniges hypotriches Infusor, besitzt nur eine pulsierende Vakuole. Diese liegt seitlich unterhalb des peristomalen Wimperrandes. Es ist nicht immer leicht den Rhythmus der Vakuole zu beobachten, zumal sie häufig bei stärkerer Nahrungsaufnahme usw. ziemlich verdeckt wird. Auch durch die plötzliche ruckweise springende Bewegung dieser Ciliaten wird die Beobachtung oft sehr erschwert. Um ein Tier wirklich einige Zeit ununterbrochen beobachten zu können, legt man es am besten thigmotaktisch fest. Man gibt einen kleinen Tropfen mit Infusorien auf ein Deckgläschen und läßt das Wasser sich zu einer dünnen Schicht ausbreiten. Dann legt man das Deckglas auf einen hohlgeschliffenen Objektträger und untersucht so im hängenden Tropfen oder aber ohne Deckglas auf einfachem Objektträger.

Ich gebe hier wieder die Mittelwerte aus meinen Versuchsreihen.

1. In Kulturwasser (0% NaCl)

bei	17—18° C	etwa	9	Sek.,
„	18° C	„	10—11	„
„	18° C	„	11,4	„
„	19° C	„	8—9	„
„	19° C	„	11—12	„

Alle Tiere waren frei beweglich.
Durchschnitt: bei etwa 18° C — 10,2 Sek.

2. In 0,5% NaCl

bei	18° C	—	22—23	Sek.	Durchschnitt: bei etwa 19—20° C — 17 Sek.
„	18—19° C	—	20,6	„	
„	22,5° C	—	11,6	„	
„	26° C	—	13	„	

3. In 1% NaCl.

Der Rhythmus von 11 P beträgt im Durchschnitt: 1 Min. 18,6 Sek. bei 18° C. In einer Kultur (seit etwa 14 Tagen in NaCl) konnte

ich bei 23° C innerhalb 50 Minuten kein Pulsieren der Vakuole wahrnehmen. Zuerst war überhaupt keine Vakuole zu sehen; nachher bildete sich eine deutliche Vakuole, die aber nicht pulsierte und auch nicht sehr groß war. Die Konzentration betrug etwa 1,1 % NaCl. Das Tier war bis zuletzt, wo die Beobachtung unterbrochen werden mußte, recht lebhaft und normal.

Bei einem anderen Tier beobachtete ich 15 Minuten lang keine Spur einer Vakuole, ferner in einem anderen Falle 20 Minuten lang keine Vakuole bei 1,1 % NaCl. Es scheint mir aber aus den oben angeführten Beobachtungen hervorzugehen, daß bei 1—1,1 % NaCl doch noch eine pulsierende Vakuole sich bildet, wenn auch sehr langsam. Auch scheint diese Vakuole sich, wenn auch in längeren Zeitabschnitten, noch zu entleeren.

4. In 1,25 % NaCl.

Am 10. Januar 1920 untersuchte ich eine Kultur in 1,25 % NaCl, mit deren Einsalzen ich am 12. Dezember 1919 begonnen und allmählich bis zum 22. Dezember auf 1,25 % NaCl gesteigert hatte. Dann blieb die Kultur bis zum 7. Januar 1920 im ungeheizten Raum stehen. Bis auf 2—3 Tiere hin hatte sich alles encystiert. Vom 7. Januar wieder im geheizten Raum gehalten, verließen die Tiere allmählich wieder ihre Cysten.

Ich untersuchte die Kultur am 10. Januar zunächst auf einfachen Objektträger ohne Deckgläschen. Eine pulsierende Vakuole war nicht mehr nachweisbar. Nach längerer Beobachtung traten zwei winzige Bläschen auf, die allmählich wieder verschwanden aber nach einiger Zeit wiederkamen. Verschiedene andere Beobachtungen, so auch an einem Preßpräparat unter Deckglas, wo das Tier festlag, und wo man sonst das Vorhandensein einer pulsierenden Vakuole meist leicht feststellen kann, zeigten, daß in der Tat keine typische pulsierende Vakuole bei 1,25 % NaCl mehr auftritt. Die winzigen zwei Bläschen, die ich auch noch in einem anderen Falle beobachten konnte, die ab und zu schwinden, um allmählich wiederzukehren, bei denen man aber von einem eigentlichen Rhythmus auch nicht mehr reden kann, scheinen den letzten Rest einer pulsierenden Vakuole vorzustellen. Sie liegen auch ungefähr an derselben Stelle wie die pulsierende Vakuole. So glaube ich, daß auch diese letzten Reste in einer Konzentration von 1,15—1,3 % NaCl gänzlich schwinden. Für Amöben liegt ja nach M. Zuelzer (1907) die Konzentration für das Schwinden der pulsierenden Vakuole auch etwa bei 1,5 % NaCl.

M. Zuelzer war es nun auch gelungen beim Zurückführen ihrer

vakuolenlosen Amöben aus 1,5 % Meerwasser in Süßwasser das Wiederauftreten der pulsierenden Vakuole schon nach 24 Stunden zu beobachten.

Um nun zu prüfen bei welcher Konzentration bei *Gastrostyla* die pulsierende Vakuole wieder auftritt, stellte ich folgenden Versuch an.

Eine Kultur von 0,75 % NaCl wurde in 1,1 % NaCl gebracht und nach 2 Tagen untersucht. Ich konnte bei etwa 24° C während 35—30 Min. keinerlei Spur einer Vakuole beobachten. Dann wurde die Kultur zurück in 0,75 % NaCl gebracht und nach 24 Stunden untersucht. Ich beobachtete 2 Tiere 15 Minuten lang, konnte aber keine Spur einer Vakuole wahrnehmen. Die Kultur wurde nun in 0,5 % NaCl gebracht und nach 24 Stunden untersucht. Bei einem Tier konnte ich bei längerer Beobachtung keine Vakuole feststellen. Ein zweites Tier aber zeigte deutlich eine pulsierende Vakuole.

Der Durchschnitt ihres Rhythmus — 32 P = 10,6 Sek. bei 25° C. Es scheint also bei *Gastrostyla Steinii* ENGELM. beim Einsalzen die pulsierende Vakuole bei etwa 1,1—1,3 % NaCl zu schwinden, um beim Wiederaussüßen bei 0,5 % NaCl wieder aufzutreten.

Gerade diese Beobachtungen an *Gastrostyla*, die zugleich M. ZUELZER's Resultate an Amöben, bei dieser hypotrischen Form glänzend bestätigen, sprechen sehr für die Schutzfunktion der pulsierenden Vakuole gegen Aussüßung.

II. Die parasitischen Protozoen aus dem Enddarm des Frosches.

1. *Nyctotherus cordiformis.*

a) Untersuchung im Darminhalt.

Der Rhythmus der pulsierenden Vakuole scheint im Darmschleim bzw. Darminhalt sehr zu schwanken. Bald findet man sehr hohe bald sehr niedrige Werte für den Pulsationsrhythmus. Die Erklärung hierfür liegt wohl darin, daß der Wassergehalt der Darmflüssigkeit sehr schwankt. Bald ist der Darminhalt sehr wenig wasserhaltig, der Darmschleim selbst ist dann zähflüssig, bald aber ist der Inhalt weich und wasserreich und der Darmschleim selbst auch wasserflüssig. Von diesen Unterschieden in der Konsistenz des mehr oder minder wasserreichen Darminhaltes scheint auch die große Verschiedenheit der Pulsfrequenzen abzuhängen. In sehr zähflüssigem Darmschleim konnte ich häufig beobachten, daß ein Pulsieren, der meist sehr großen, dilatierten Vakuole kaum stattfindet.

1. So konnte ich bei einer Untersuchung im frischen Darmschleim bei etwa 16° C 40 Minuten lang überhaupt keine Vakuole

beobachten. 3—4 kleine Vakuölchen an verschiedenen Stellen der Zelle zeigten während dieser Zeit keine Änderung.

2. In einem anderen Falle bei der Untersuchung von *Nyctotherus* in frischem Darmschleim bei etwa 22,5° C konnte ich folgenden Rhythmus feststellen.

a) 16 Min., 13 Min., 8 Min., 9 Min., 11 Min. 40 Sek.
Durchschnitt: 11 Min. 32 Sek.

Bei einem anderen Tier aus demselben Darminhalt fand ich einen Rhythmus:

b) 2 Min., 1 Min. 45 Sek., 2 Min. 10 Sek.
Durchschnitt etwa: 2 Minuten.

c) Ein drittes Tier zeigte zunächst viele kleine Vakuölchen, die schließlich zu einer großen Vakuole zusammenflossen, die dann nach 8 Min. 45 Sek. pulsierte.

3. In diesem Falle beobachtete ich eine Vakuole $13^1/_2$ Minute bei etwa 23° C. Sie war von Anfang der Untersuchung an schon völlig ausgebildet. Anfangs lag sie am Ende des sichelförmigen Wimperbandes und wanderte allmählich zum Hinterende der Zelle, wo sie entleert wurde.

4. Bei etwa 23° C beobachtete ich ein anderes Mal einen Rhythmus von: 5 Min. 15 Sek., 3 Min. 10 Sek., 7 Min., 6 Min.

5. Ferner bei 24—25° C
α) 11 P — 2 Min. 27 Sek.
β) 7 P — 2 „ 21 „

Aussüßungsversuche mit *Nyctotherus cordiformis*.

Aus dem Darmschleim brachte ich *Nyctotherus* in
0,75 % NaCl

Temperatur	P	In 0,75 % NaCl seit	Rhythmus d. puls. Vak.
14—15° C	3	$^1/_2$ Tage	3 Min. 47 Sek.
16° C	39	4—6 „	3 „ 23 „
19° C	7	10 „	3 „ 54 „
19° C	3	1 „	2 „ 30 „
19—20° C	54	1—2 „	1 „ 38 „
20° C	20	$^1/_2$ „	2 „ 20 „
20° C	7	sofort in 0,75 % NaCl	2 „ 44 „
21—22,5° C	5	„ „ „ „	2 „ 24 „
22,5° C	8	2 Tage	2 „ 47 „
22,5° C	5	1 „	4 „ 40 „
24—25° C	2	sofort in 0,75 % NaCl	1 „ 15 „

Gesamtdurchschnitt von 153 P bei etwa 20° C — 2 Min. 49,3 Sek.

Die Aussüßung wurde dann durch langsames Zusetzen von Aqua dest. ausgeführt. Zuletzt wurden die Ciliaten in Leitungswasser,
in Süßwasser (0 % NaCl)
gebracht.

Temperatur	Konzentration	P	Rhythmus der Vak.
25° C	0,5 % NaCl	10	1 Min. 38 Sek.
21—22° C	0,38 % „	43	2 „ 20 „
24—26° C	0,19 % „	7	1 „ 15 „
21° C	0,18 % „	—	3 „
25° C	0 % „	—	1 „ 10—12 „

Wie also — trotz einiger Abweichungen — der Rhythmus mit abnehmender NaCl-Konzentration schneller wird, so kann man auch zeigen, daß umgekehrt bei zunehmender NaCl-Konzentration der Vakuolenrhythmus entschieden verlangsamt wird.

Wir hatten für 0 % NaCl einen Rhythmus von 1 Min. 11 Sek. bei 25° C
„ „ „ 0,5 % „ „ „ „ 1 „ 38 „ „ 25° C
„ „ „ 0,75 % „ „ „ „ 2 „ 49 „ „ 20° C
„ haben bei 1 % „ „ „ bei 34 P „ 2 „ 54 „ „ 24—25° C
„ „ „ 1,25 % „ „ „ „ 21 P „ 4 „ 18 „ „ 24—25° C
„ „ „ 1,5 % „ endlich einen nur sehr langsamen Rhythmus.

Versuche mit Ringer-Lösungen.

1. In Ringer-Lösung.

Temperatur	In Ringer-Lös. seit	P	Rhythmus der Vak.
17° C	1 Tag	6	3 Min. 20 Sek.
17—18° C	3—3½ Stunden	7	2 „ 47 „
22,5° C	24 „	7	2 „ 12 „
23° C	24 „	10	1 „ 41 „

2. Aussüßungsversuche.

1. Eine Kultur seit 24 Stunden in Ringer-Lösung zeigte bei 23° C als Durchschnittswert für den Vakuolenrhythmus bei 8 P — 1 Min. 53 Sek.

Dann wurde zu einem Tropfen Ringer-Lösung 2 Tropfen Aqua dest. zugesetzt.

Der Rhythmus betrug im Durchschnitt von 8 P — 1 Min. 15 Sek.

2. Eine Kultur in Ringer-Lösung wurde in 4 Tagen ausgesüßt und dann bei 20° C untersucht:

der Durchschnittsrhythmus von 29 P beträgt 2 Min. 4 Sek.
„ „ für Ringer-Lösung „ 2 „ 30 „

Also auch aus diesen Versuchen geht hervor, daß der Rhythmus der pulsierenden Vakuole im Süßwasser, also in einer Lösung von

geringerer Konzentration wesentlich schneller ist wie in höher konzentrierten Lösungen.

Balantidium entozoon Clap. u. Lachm.

Da *Balantidium* sich um die Achse rotierend fortbewegt, so ist die Beobachtung der pulsierenden Vakuolen äußerst schwierig, da man bei der annähernden Drehung die 2—4 Vakuolen unmöglich einzeln genau unterscheiden und beobachten kann. Man muß daher die Tiere möglichst am Rotieren zu hindern versuchen. Dies gelingt noch am besten, wenn der Tropfen auf dem Objektträger möglichst zu einer dünnen und sehr feinen Schicht verteilt ist. Die Tiere schwimmen dann noch munter umher, unterlassen aber meist die steten Drehungsbewegungen.

Untersuchung im Darmschleim.

Der Rhythmus der pulsierenden Vakuolen ist bei *Balantidium* wie auch bei *Nyctotherus* im Darmschleim sehr unregelmäßig. Bald beobachtete man überhaupt keine Pulsation, bald haben wir ein Pulsieren der Vakuolen im Rhythmus von 2—3 Minuten.

1. Untersuchung im frischen Darmschleim bei 17° C.

Ich beobachtete eine große, runde Vakuole, die sich bald in die Länge zog bald wieder völlig abrundete, 25 Minuten lang ohne eine Entleerung, eine Pulsation der Vakuole, wahrzunehmen. Zwei kleinere Vakuolen zeigten ebenfalls keine Pulsationen.

2. Untersuchung in frischem Darmschleim bei 15—16° C.

Bei Beginn der Untersuchung war keine Vakuole vorhanden. Allmählich bilden sich 3 größere seitliche, 1 mittlere und einige sehr kleine Vakuolen.

Nach 16 Min. kontrahierte eine der größeren Vakuolen,
„ 19 „ „ „ zweite der größeren Vakuolen.

Inzwischen waren einige der kleineren Vakuolen größer geworden, so daß eine genaue Unterscheidung der einzelnen Vakuolen unmöglich war. Der Darmschleim war ziemlich zähflüssig. Die Balantidien bewegten sich bis zuletzt ziemlich lebhaft aber ohne zu rotieren.

3. Bei einer weiteren Untersuchung im Darmschleim bei 20° C traten zuerst 4 Vakuolen auf. Bald aber schien eine an Größe die anderen stark zu überwiegen, während diese allmählich undeutlich wurden. Die große Vakuole zeigte folgenden Rhythmus:

3 Min. 40 Sek., 3 Min. 10 Sek., 3 Min. 30 Sek., 2 Min. 45 Sek.

4. Bei einer Temperatur von 21° C beobachtete ich 23 Minuten eine Vakuole, die schon zu Anfang der Untersuchung vorhanden war, ohne ein Pulsieren feststellen zu können. Dann platzte das Tier. Auch weitere Beobachtungen (im frischen Darmschleim) zeigen, daß in zähflüssigem Darmschleim des Vakuolenrhythmus sicher sehr langsam sein muß. Es wurden mehrfach Vakuolen 20—45 Minuten beobachtet, ohne daß ein Pulsieren der Vakuolen eintrat.

Ein Aussüßungsversuch bei Balantidium.

Es sei hier nur ein Versuch erwähnt. Dabei wurden zwei Vakuolen beobachtet, eine mehr rechts und eine seitlich links gelegene Vakuole.

Der Durchschnittsrhythmus der rechten Vakuole von
11 P = 4 Min. 45 Sek. bei 17° C.

Der Durchschnittsrhythmus der linken Vakuole von
9 P = 5 Min. 32 Sek. bei 17° C.

Der Gesamtdurchschnitt: der rechten und linken Vakuole
(20 P) = 5 Min. 8 Sek. bei 17° C.

Die Kultur wurde langsam in 8 Tagen ausgesüßt. An einem normalen Exemplar wurde dann im Süßwasser ein Rhythmus der (linken) Vakuole im Durchschnitt von 8 P = 4 Min. beobachtet.

Hier möchte ich eine kurze Zusammenstellung meiner Ergebnisse bringen, die besser als viele Worte ein übersichtliches Bild gibt, das geeignet ist uns von der Schutzfunktion der pulsierenden Vakuole gegen Aussüßung zu überzeugen. In dieser Übersicht habe ich ferner versucht durch eine schätzungsweise Rechnung zu ermitteln, in welcher Zeit die pulsierende Vakuole eine Wassermenge, gleich dem Zellvolumen des betreffenden Infusors auszupumpen imstande ist. Dabei zeigt sich, daß die Vakuole bei höherer Salzkonzentration in gleicher Zeit eine bedeutend kleinere Menge Wasser hinauszuschaffen hat wie bei niederen Konzentrationen bzw. im Süßwasser. Das ist nach unserer Auffassung von der Funktion der pulsierenden Vakuole verständlich; denn es diffundiert ja infolge des geringeren osmotischen Gefälles bei höherer Konzentration weniger Wasser in die Zelle ein wie bei geringer konzentrierten Lösungen.

1. *Paramaecium caudatum.*

Konzentration	Temperatur	Vak. Rhyth.*)	Ein dem Körpervolum gleiches Volum Wasser wird entleert in	In 1 Stunde entleert
0% NaCl	22—23° C	6,2 Sek.	14,7 Min.	4,8 Körpervolum
0,25% „	20—22° C	9,3 „	21,3 „	2,82 „
0,5% „	19—20° C	18,4 „	42,7 „	1,38 „
0,75% „	19—20° C	24,8 „	56,9 „	1,08 „
1% „	19—20° C	163,0 „	6 Stdn. 19 „	0,16 „

*) Der Vakuolenrhythmus ist ein Mittelwert aller für V.V. und H.V. gefundenen Werte (ohne Deckglas oder im hängenden Tropfen).

2. *Gastrostyla Steinii.*

Konzentration	Temperatur	Vak. Rhyth.	Ein dem Körpervolum gleiches Volum Wasser wird entleert in	In 1 Stunde entleert
0% NaCl	18° C	10 Sek.	43 Min. 21 Sek.	1,4 Körpervolum
0,5% „	19—20° C	17 „	74 „ 22 „	0,81 „
1% „	18° C	78 „	5 Stdn. 38 Min.	0,17 „

3. *Nyctotherus cordiformis.*

Konzentration	Temperatur	Vak. Rhyth.	Ein dem Körpervolum gleiches Volum Wasser wird entleert in	In 1 Stunde entleert
0% NaCl	25° C	72 Sek.	4 Stdn. 5 Min.	0,25 Körpervolum
0,5% „	25° C	98 „	6 „ 25 „	0,16 „
0,75% „	20° C	169 „	9 „ 42 „	0,1 „
1,25% „	24—25° C	258 „	16 „ 33 „	0,06 „

Opalina ranarum Purk. und Val.

Opalina ranarum ist zweifellos von den Ciliaten des Froschdarmes am weitesten an die parasitische Lebensweise angepaßt. *Opalina* nimmt ähnlich wie der Bandwurm die Nahrung auf osmotischem Wege mit der ganzen Zelloberfläche auf. Sie besitzt so weder Zellmund noch Zellafter, auch keine pulsierende Vakuole.

M. M. Metcalf (1907) hat zwar für einige Opalinaarten, *Opalina caudata, Opalina intestinalis, Opalina obtrigona* eigentümliche Exkretionsorgane beschrieben und abgebildet. ... „the organ in question consists of from one to three, generally two, irregularly swollen tubules opening to the exterior by a short common duct and a single pore at the posterior end of the body. Between the tubules, and usually also around the common excretory duct, are numerous minute sphervidal granules very slightly larger than the general cytomicrosome granules." ... „In many individuals of this species no exeretory tubules or pore can be seen (Fig. 9). In other cases one sees the external pore and the common duct but not the inner tubular branches (Fig. 1 and 6). Occasionally one sees the outer pore and the inner tubules but cannot make out the connecting duct (Fig. 4 and 5). I believe these variations to be due to different conditions of contraction."

Metcalf hebt aber besonders hervor, daß bei *Opalina ranarum* diese „excretory organs“ nicht vorkommen.

Auf den ersten Blick sollte man nun meinen, daß *Opalina ranarum* der beste Beweis für die Auffassung der pulsierenden Vakuole als Schutzorgan gegen Aussüßung sei; denn ein Parasit wie *Opalina* lebt im isotonischen Medium, und folglich ist eine pulsierende Vakuole überflüssig, da ja kein Wasser in die Zelle eindiffundiert. Soweit ist alles schön und wohl. Nun melden sich aber auch die Schwierigkeiten. Zunächst ist es auffallend, daß *Opalina ranarum* an genau demselben Orte lebt wie *Nyctotherus* und *Balantidium*, welche doch pulsierende Vakuolen besitzen. Wenn diese auch in zähem Darmschleim einen sehr langsamen Rhythmus aufweisen, kann dieser Rhythmus in wasserflüssigem Darmsaft doch etwa 2 Minuten betragen. *Opalina ranarum* zeigt im gleichen Präparat auch dann nicht die geringste Spur einer pulsierenden Vakuole. Ferner sagte ich mir: wenn man *Opalina* allmählich in Süßwasser überführt, so muß, da nun in weit stärkerem Maße Wasser in die Opalinenzelle eindiffundiert, eine oder mehrere pulsierende Vakuolen auftreten, oder aber die Anpassung ist überhaupt unmöglich, d. h. die Tiere gehen im Süßwasser sogleich zugrunde. Aber erstaunlicherweise trafen beide Vermutungen nicht zu. Im Gegenteil, wenn man langsam die Tiere in Süßwasser überführt, vertrugen sie diesen Übergang sehr gut. Sie behalten durchaus ihre normale Gestalt und ihre Beweglichkeit uneingeschränkt bei. Ja es scheinen sogar noch Zellteilungen vorzukommen. Erfolgt der Übergang (etwa von 0,75 % NaCl) in Süßwasser ziemlich unvermittelt und plötzlich, dann scheinen allerdings die Opalinen am ehesten dem schroffen Wechsel der Lebensbedingungen zu erliegen. Sie sterben dann meist früher wie *Nyctotherus* und *Balantidium*, die pulsierende Vakuolen besitzen. Es ist somit wohl wahrscheinlich, daß die pulsierende Vakuole eine Anpassung an einen schnelleren und stärkeren Wechsel der Konzentration des Außenmediums erst ermöglicht. Diesen schnelleren Wechsel in der Konzentration des äußeren Mediums vertragen also Formen ohne pulsierende Vakuole schlecht, bei einem langsamen Wechsel passen sie sich dagegen sehr gut an die neuen Bedingungen an. So konnte ich *Opalina* 8—10 Tage im Süßwasser halten, ohne daß die Tiere eingingen. Eine pulsierende Vakuole aber tritt auch dann nicht auf. Diese Beobachtung bedeutet nun sicher eine ernste Schwierigkeit für die Auffassung in der pulsierenden Vakuole ein Schutzorgan gegen Aussüßung zu sehen. Man könnte nun vielleicht an osmotische Regulationsvorrichtungen denken, die ein Eindiffundieren von Wasser

unmöglich machen. Ich halte diese Annahme aber für unwahrscheinlich; denn *Opalina* nimmt, da sie keinen Zellmund besitzt, alle Nahrung osmotisch durch die ganze Zelloberfläche auf. Da aber alle diese osmotischen Vorgänge an Wasser gebunden sind, so muß also die Opalinazelle unbedingt Wasser aufnehmen. Um diese Schwierigkeit kommen wir nicht herum.

Interessant ist auch, daß das Fehlen der pulsierenden Vakuole bei *Opalina* mit dem Fehlen eines Zellmundes Hand in Hand geht, während *Nyctotherus* und *Balantidium* sowohl einen Zellmund wie auch eine pulsierende Vakuole besitzen. Man könnte so etwa annehmen, daß es gerade das durch den Zellmund aufgenommene Wasser sei, was durch die pulsierende Vakuole wieder aus der Zelle hinausgepumpt würde. Ohne letztere Möglichkeit gänzlich auszuschließen, glaube ich doch, daß wenigstens in den gewöhnlichen Fällen gerade das durch die ganze Zelloberfläche aufgenommene Wasser für das Auftreten der pulsierenden Vakuole von ausschlaggebender Bedeutung ist. Sicher trifft das für die Amöben zu, denen ja ein Zellmund fehlt.

Es ist mir nun sehr wahrscheinlich, daß *Opalina* flüssige Exkretstoffe wieder abgibt. Feste Exkretstoffe, etwa Exkretkörner usw. habe ich nie bei *Opalina* beobachtet. Es kommen so wohl nur flüssige Exkretstoffe, die auf osmotischem Wege durch die Zelloberfläche ausgeschieden werden, in Frage. Vielleicht spricht gerade folgende Beobachtung für unsere Vermutung. In einem Präparate, das in 0,75 % NaCl beobachtet wurde, waren sehr zahlreiche Opalinen und mehrere *Nyctotherus*. Der Rhythmus für *Nyctotherus* betrug bei etwa 15—16° C — 16 Min. 50 Sek. Nun spülte ich mit 0,75 % NaCl die meisten Infusorien ab. Es blieben im Präparat nur etwa 3 *Nyctotherus* und 2—3 Opalinen. Nun wurde der Rhythmus für *Nyctotherus* plötzlich bedeutend schneller, nämlich: 4 Min. 35 Sek., 7 Min. 15 Sek., 6 Min. 45 Sek., 6 Min. 30 Sek., 6 Min. 40 Sek., 6 Min. 20 Sek. Vielleicht ist für diese Beobachtung folgende Erklärung möglich. Im ersten Falle war die Konzentration des kleinen Tropfens durch die von den Infusorien — besonders von den Opalinen — ausgeschiedenen Exkretstoffe wesentlich über 0,75 % NaCl erhöht und damit das Eindiffundieren von Wasser in die Nyctotheruszelle bedeutend verlangsamt. Als notwendige Folge davon muß der Vakuolenrhythmus entschieden träger sein wie in 0,75 % NaCl. Spült man dann die Exkretstoffe und ihre Hersteller, die Opalinen, mit 0,75 % NaCl-Lösung weg, so wird bei der nun geringeren Außenkonzentration das Wasser schneller eindiffundieren und damit die

Vakuole schneller arbeiten. Daß nun gerade die Opalinen die Exkretstoffe liefern und nicht *Nyctotherus* allein, das geht einmal aus der sehr großen Anzahl der Opalinen gegenüber den nur wenigen *Nyctotherus* im Präparat hervor, dann aber waren auch die beobachtenden *Nyctotherus* dicht von lauter Opalinen umringt. — Es ist nun vielleicht möglich, daß *Opalina* mit diesen Exkretstoffen genau die gleiche Wassermenge ohne Bildung einer pulsierenden Vakuole abgibt, wie durch Endosmose von außen in die Zelle eintritt.

Es handelt sich bei *Opalina ranarum* jedenfalls um einen noch ungeklärten Fall, zu dessen Lösung weitere Untersuchungen erforderlich sind. Eine Form, die zunächst das klassische Schulbeispiel für unsere Auffassung von der Schutzfunktion der pulsierenden Vakuole gegen die Aussüßung zu sein scheint, wird bei genauerer Untersuchung zum wunden und kritischen Punkt dieser Deutung.

Wenn sich auch unsere Studien an *Opalina ranarum* nicht in den Rahmen unserer Auffassung von der Schutzfunktion der pulsierenden Vakuole gegen die Aussüßung des Zellmediums einfügen lassen, ihr vielmehr ernste Schwierigkeiten bereiten, so muß man bedenken, daß eben die Natur sich nicht in das enge Schema, in das der ordnende Menschengeist alles einreihen will, einzwängen läßt.

Die Anregung zu dieser Untersuchung verdanke ich Herrn Prof. Dr. R. Hesse. Ihm sei hierfür sowie für das stete Interesse, das er an meinen Arbeiten nahm, und die freundliche Bereitwilligkeit, mit der er mir die Hilfsmittel seines Laboratoriums zur Verfügung stellte, mein bester Dank ausgesprochen.

Bonn, im Juli 1921.

Literaturverzeichnis.

Blochmann, F. u. Bütschli, O. (1886): Die mikroskopische Tierwelt des Süßwassers. Braunschweig.

Braune, R. (1914): Untersuchungen über die im Wiederkäuermagen vorkommenden Protozoen. Arch. f. Protistenk. Bd. 32.

Bütchli, O. (1887—1889): Protozoa. in: Bronn's Klassen u. Ordn. des Tierreichs. II. Infusorien. Leipzig.

Burian, R. (1910): Die Excretion. in: Winterstein, H., Handb. d. vergl. Physiol. Bd. 2, Stoffwechsel, II. Hälfte, Jena.

Chun, C. (1903): Aus den Tiefen des Weltmeeres. II. Aufl. Jena.

Degen, A. (1905): Untersuchungen über die kontraktile Vakuole und die Wabenstruktur des Protoplasmas. Bot. Zeitschr. Jahrg. 63.

Doflein, Fr. (1916): Lehrbuch der Protozoenkunde. 4. Aufl. Jena.

Eberlein, R. (1895): Über die im Wiederkäuermagen vorkommenden ciliaten Infusorien. Zeitschr. f. wiss. Zool Bd. 59.

Entz, Géza (1884): Über Infusorien des Golfes von Neapel. Mitteil. d. Zool. Stat. Neapel Bd. 5.

Entz, G. jun. (1909): Studien über die Organisation und Biologie der Tintinniden. Arch. f. Protistenk. Bd. 15,

Florentin, R. (1899): Études sur la Faune des Mares salées de Lorraine. Thèses de Nancy. Med. et pharm.

Griessmann, K. (1914): Über marine Flagellaten. Arch. f. Protistenk. Bd. 32.

Grubeb, A. (1899): Biologische Studien an Protozoen. Biol. Centralbl. Bd. 9.

Hartog, M. (1888): Preliminary Note of the Functions and Homologies of the contractile Vacuole in Plants and Animals. Report of the British Association for the advancement of science, Bath.

Hertwig, R. (1919): Lehrbuch der Zoologie. 12. Aufl. Jena.

Kanitz, A. (1907): Der Einfluß der Temperatur auf die pulsierende Vakuole der Infusorien und die Abhängigkeit biologischer Vorgänge von der Temperatur überhaupt. Biol. Centralbl. Bd. 27.

Khainsky, A. (1911): Morphologie und Physiologie einiger Infusorien. Arch. f. Protistenk. Bd. 21.

Massart, J. (1889): Sensibilité et adaption des organismes à la concentration des solutions salines. Arch. Biol. T. 9.

Maupas, E. (1883): Contribution à l'étude morphologique et anatomique des infusoires ciliés. Arch. zool. expér. II. Sér. T. 1.

Metcalf, M. M. (1907): The excretory organs of Opalina. Arch. f. Protistenk. Bd. 10.

Pütter, A. (1900): Studien über Thigmotaxis bei Protisten. Arch. f. Anat. u. Physiol., Abt. Physiol., Suppl.

Rossbach, M. J. (1872): Die rhythmischen Bewegungserscheinungen der einfachsten Organismen und ihr Verhalten gegen physikalische Agentien und Arzneimittel. Verh. d. phys.-med. Ges. Würzburg, N. F. II.

Sahrhage, H. (1915): Über Bodenprotozoen der Kieler Bucht, Hamburg.

Schuberg, A. (1888): Die Protozoen des Wiederkäuermagens. Zool. Jahrb., Systemat. Bd. 3.

Seligo, A. (1884): Untersuchungen über Flagellaten. in: F. Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen Bd. 4.

Steche, O. (1911): Hydra und die Hydroiden. Leipzig.

Stempell, W. (1914): Über die Funktion der pulsierenden Vakuole und einen Apparat zur Demonstration derselben. Zool. Jahrb., Allg. Zool. u. Physiol. Bd. 34.

Zuelzer, M. (1907): Über den Einfluß des Meerwassers auf die pulsierende Vakuole. Sitz.-Ber. naturf. Freunde Berlin H. 4

— (1910): Der Einfluß des Meerwassers auf die pulsierende Vakuole. Arch. f. Entwicklungsmech. Bd. 29.

Besprechungen.

Rudolf Lieske: Morphologie und Biologie der Strahlenpilze (Actinomyceten). (Verlag Gebr. Bornträger, 1921, IX + 292 Seiten, 112 Abb. im Text u. 4 farbige Tafeln.)

Die Strahlenpilze sind eine Gruppe von Microorganismen, die in der Natur außerordentlich verbreitet sind. Überall, wo Bakterien und Pilze in der Natur gedeihen, finden sich Strahlenpilze in großen Mengen, sie sind z. B. häufiger als unsere gemeinsten Schimmelpilze. Daß sie trotzdem verhältnismäßig wenig bekannt sind liegt wohl hauptsächlich daran, daß sie auf den üblichen Nährböden sehr langsam wachsen und daher leicht von anderen Microorganismen überwuchert werden. In der Literatur finden sich bisher sehr zahlreiche Arbeiten über die Strahlenpilze als Krankheitserreger bei Menschen und Tieren, über die saprophytisch in der Natur lebenden Formen wurden verhältnismäßig wenig Arbeiten veröffentlicht, speziell botanische Untersuchungen fehlen fast ganz. Um eine genauere Kenntnis der wichtigen Organismengruppe zu erlangen, wurden über 100 verschiedene Stämme mehrere Jahre lang genau untersucht.

Der Gattungsname „*Actinomyces*“ wurde zuerst im Jahre 1878 von Harz angewendet. Er wählte denselben, weil er die kolbigen Anschwellungen der Fäden in den Strahlenpilzdrusen bei einer Actinomycose des Rindes mit Strahlen verglich. Mit dem strahligen Wachstum der Kolonien hat diese Bezeichnung jedenfalls nichts zu tun, da dem Autor Kulturen von Strahlenpilzen überhaupt noch nicht bekannt waren. In der Literatur finden sich eine ganze Anzahl anderer Namen für Strahlenpilze, z. B. *Leptothrix*, *Cladothrix*, *Oospora*, *Dicomyces*, *Oidium* und *Streptothrix*. Alle diese Namen entbehren der wissenschaftlichen Begründung, vor allem auch die Bezeichnung *Streptothrix*, die in der medizinischen Literatur eine große Verbreitung erlangt hat.

In der Natur finden sich Strahlenpilze in großen Mengen in der Erde, im Wasser, in der Luft und vor allem an Pflanzenteilen, Wurzeln, Stengeln und Früchten. Besonders an Grashalmen sind Strahlenpilze regelmäßig zu finden. Auch in der Mundhöhle des Menschen werden sie fast regelmäßig als saprophytische Bewohner angetroffen. — Eine genaue Untersuchung

von 112 verschiedenen Strahlenpilzstämmen ergab sehr bemerkenswerte Resultate. Es zeigte sich zunächst, daß es überhaupt nicht möglich ist, von verschiedenen Standorten völlig gleiche Stämme zu erhalten. Auch war es in keinem Falle möglich, irgendeinen der Stämme mit einem vorher in der Literatur beschriebenen genau zu identifizieren. In der Literatur finden sich weit über 100 Artnamen für Strahlenpilze, die Artbezeichnungen entsprechen aber in keinem Falle dem heutigen Stande der Wissenschaft. Als Unterscheidungsmerkmale der einzelnen „Arten" kommen in Betracht vor allem die Farbe der Kolonien, die Fähigkeit Luftsporen zu bilden, das Sauerstoffbedürfnis, Geruchsbildung usw. Es hat sich nun aber bei zahlreichen mit absoluten Reinkulturen durchgeführten Versuchen gezeigt, daß alle diese Merkmale nicht unveränderlich sind. Ein Stamm, der z. B. einen violetten Farbstoff ausscheidet, müßte nach den Angaben der Literatur als *Actinomyces violaceus* bezeichnet werden. Die Fähigkeit, den Farbstoff zu bilden, verliert sich nun aber meist schon nach wenigen Generationen, es entsteht ein ungefärbter Stamm mit weißen Luftsporen, der von den in der Literatur als *Actinomyces albus* bezeichneten Stämmen in keiner Weise zu unterscheiden ist. Da an allen bisher zur Unterscheidung der einzelnen Arten verwendeten Merkmalen wesentliche Veränderungen einwandfrei nachgewiesen wurden, ist es nicht möglich, die alte Methode der Artbezeichnung bei Strahlenpilzen aufrecht zu erhalten. Arten können nur durch Merkmale unterschieden werden, deren Unveränderlichkeit unter gleichen Außenbedingungen erwiesen ist.

Die Strahlenpilze müssen als selbständige Organismengruppen zwischen die Bakterien und Pilze gestellt werden, und zwar stehen sie in allen wesentlichen Eigenschaften den Bakterien näher als den Pilzen. Die Fäden der Strahlenpilze haben einen Durchmesser von ungefähr 1 μ. Charakteristisch ist, daß die jüngsten Teile des Mycels ungefähr dieselbe Dicke haben wie die ältesten. Die einzelnen Stämme unterscheiden sich wesentlich durch die Länge der Fäden. Während die saprophytischen Formen meist sehr lange, fest zusammenhängende Fäden bilden, zerfallen die pathogenen, anaeroben Stämme bei der Herstellung gefärbter Präparate meist in kurze, bakterienähnliche Bruchstücke. Es läßt sich aber leicht nachweisen, daß diese kurzen Stücke ebenfalls aus sehr langen Fäden entstehen. Die Fäden zeigen eine echte monopodiale Verzweigung, wie sie bei den meisten Pilzen beobachtet wird, echte Dichotomie, die entsteht durch Teilung eines Vegetationspunktes in zwei gleichwertige Hälften, wurde nicht beobachtet. Involutionsformen, namentlich keulige und kugelige Auftreibungen der Fäden sind unter gewissen Kulturbedingungen häufig. Innerhalb des menschlichen oder tierischen Körpers können bei Strahlenpilzerkrankungen die sog. Drusen entstehen. Dieselben bestehen aus verflochteten Fäden, deren Enden keulenförmige, gallertige Anschwellungen tragen. Diese Drusen, die früher fälschlich für Fortpflanzungsorgane angesehen wurden, spielen für die Erkennung der Krankheit eine große Rolle.

Viele Strahlenpilzstämme bilden bei aerobem Wachstum Luftsporen. Dieselben entstehen dadurch, daß der plasmatische Inhalt von Lufthyphen in kurze, cylindrische oder kugelrunde Stücke zerfällt. Diese Sporen, die eigentlich nur kurze Fadenbruchstücke darstellen, haben keine wesentlich

erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse, sie sind auch nicht von einer besonderen schützenden Membran umgeben. In selteneren Fällen entstehen die Sporen auch als seitenständige Kurztriebe. Die Keimung der Sporen ist lediglich ein Weiterwachsen des Fadenstückchens, das sie darstellen.

Ob bei Strahlenpilzen echte Zellkerne vorkommen ist zweifelhaft, es ließen sich aber im Innern der Fäden mit Methylenblau färbbare Körnchen nachweisen, die den von A. Mayer bei den Bakterien als Zellkerne beschriebenen Gebilden gleichen. Sexuelle Vorgänge konnten nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden, vielleicht steht aber eine merkwürdige Form der Sporenbildung im Zusammenhange mit der Sexualität. Es kommt vor, daß am Ende eines langen Strahlenpilzfadens zwei dicht nebeneinanderstehende Seitenzweige gebildet werden. Das von diesen Seitenästen begrenzte Stück des Hauptfadens schwillt schließlich zu einer Spore an, während die vier an das Stück angrenzenden Fadenstücke absterben. Diese „Vierhyphensporen", die das Plasma und vielleicht die Kerne der vier angrenzenden Fäden enthalten, haben ebenso wie die Luftsporen keine wesentlich erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse, sie keimen, indem sie an einer oder an mehreren Ecken wieder zu normalen Fäden auswachsen.

Die Strahlenpilze sind sehr wenig anspruchsvoll in bezug auf den Nährboden, sie wachsen auf allen in unseren Laboratorien gebräuchlichen Substraten, sind aber empfindlich gegen größere Abweichungen vom Neutralpunkt, besonders gegen Säuren. Sonnenlicht schädigt das Wachstum nicht. Die Wachstumstemperaturen liegen im allgemeinen zwischen 0 und 40 Grad, thermophile Formen mit Wachstumstemperaturen zwischen 40 und 70 Grad sind aber überall verbreitet. Da solche thermophile Formen auch überall an Orten gefunden werden, die ihre minimalste Wachstumstemperatur niemals erreichen, können sie dort nicht ursprünglich gewachsen sein. Es läßt sich auch leicht nachweisen, daß sie nicht sekundär an solche Orte gelangt sein können, da die thermophilen Strahlenpilze bei niederen Temperaturen sehr leicht absterben. Es handelt sich bei den thermophilen Strahlenpilzen zweifellos um Mutationen, die erst durch die künstliche Kultur bei hohen Temperaturen aus gewöhnlichen Formen entstehen. Es gelang, die Entstehung einer nichtthermophilen Form aus einer thermophilen zu beobachten, der umgekehrte Vorgang konnte bisher nicht exakt nachgewiesen werden.

Alle Strahlenpilze sind gegen chemische Gifte verhältnismäßig widerstandsfähig, sehr auffällig ist aber, daß minimale Spuren von Farbstoffen, besonders Methylviolett und Methylenblau sehr schädigend wirken. Eine Lösung von Methylviolett z. B. hemmt noch in einer Verdünnung von 1 : 1000000 das Wachstum der meisten Stämme. Die meisten Strahlenpilzstämme scheiden bestimmte Enzyme aus, vor allem sind Stärke, Eiweiß und Fett spaltende Enzyme häufig. Auch die roten Blutkörperchen von Blut des Menschen oder der Tiere werden von vielen Stämmen gelöst, im Gegensatz zur Auffassung mancher Mediziner steht das Hämolysierungsvermögen aber in keinerlei Zusammenhange mit der Pathogenität der Stämme. Einzelne Stämme produzieren ein Labenzym, sie bringen Milch zur Gerinnung, ohne dieselbe sauer zu machen.

Von besonderer Bedeutung sind die mit größter Genauigkeit durchgeführten Untersuchungen über die Veränderlichkeit der Strahlenpilze. Fast alle Eigenschaften variieren sehr weitgehend bei Veränderung der Außenbedingungen. Aber auch bei konstanten Außenbedingungen wurden sehr wesentliche erbliche Änderungen beobachtet. Nicht eine der untersuchten morphologischen und physiologischen Eigenschaften erwies sich als unveränderlich.

Auf die große Bedeutung der Strahlenpilze als Krankheitserreger bei Tieren und Menschen kann hier nicht näher eingegangen werden. Jedenfalls wird es zu keinem Ziele führen, wenn man nach besonderen pathogenen Strahlenpilzarten suchen wollte. Es ist anzunehmen, daß die gewöhnlichen, in der Natur weit verbreiteten saprophytischen Stämme erst unter gewissen Bedingungen im Menschen- oder Tierkörper pathogen werden. Höhere Pflanzen werden von Strahlenpilzen im allgemeinen nicht angegriffen, nur die sog. Schorfkrankheit der Kartoffeln und Rüben ist auf eine Strahlenpilzinfektion zurückzuführen. Botanisch interessant ist, daß die Symbionten im Inneren der Wurzelknöllchen der Erlen, die bisher unter den verschiedensten Namen beschrieben wurden, ebenfalls echte Strahlenpilze sind. **Autoreferat.**

Noack, Konrad Ludwig: Untersuchungen über die Individualität der Plastiden bei Phanerogamen. Zeitschr. f. Botanik. Bd. 13, 1921, S. 1—35.

Die Übertragung der Chondriosomenforschung von der tierischen auf die pflanzliche Zelle hat es mit sich gebracht, daß auch in der Botanik über das Wesen der Chondriosomen ganz ähnliche Hypothesen aufgestellt wurden, wie es zuvor in der Zoologie geschehen war. Als eins der wichtigsten Charakteristika wurde auf tierischem Gebiet die Umwandelbarkeit der Chondriosomen in die verschiedenartigsten Stoffwechselprodukte und Bestandteile der erwachsenen Zelle betrachtet, und man suchte daher auch in der pflanzlichen Zelle nach ähnlichen Erscheinungen. In der Umwandlung der Chondriosomen in Chromatophoren glaubte man ein derartiges Analogon zu der Funktion der Chondriosomen in tierischen Zellen gefunden zu haben und bestritt nunmehr die alte SCHIMPER'sche Lehre von der Individualität der Plastiden, nach welcher die Chromatophoren der pflanzlichen Zelle niemals de novo entstehen können, sondern sich immer nur durch Teilung aus ihresgleichen vermehren. Nach Ansicht der Anhänger der Chondriosomenlehre hingegen stellen die Plastiden nichts anderes dar als Umwandlungsprodukte von Chondriosomen; im Vegetationspunkt enthalten die Zellen lediglich Chondriosomen und erst bei der Ausgestaltung der einzelnen Zellen soll sich ein Teil dieser Gebilde in Plastiden umwandeln. Die von SCHIMPER festgestellte Selbständigkeit der Plastiden wurde diesen also wieder abgesprochen.

Nun haben in den letzten Jahren eine Reihe von Autoren versucht, diese durch die Chondriosomenforschung in alte festfundierte Anschauungen getragene Unsicherheit zu beseitigen und für die Kryptogamen ist es in der Tat gelungen, die gänzliche Unabhängigkeit der Plastiden von den Chondriosomen bis in alle Einzelheiten nachzuweisen. Dagegen glückte

es nicht, diese Befunde auch auf die höheren Pflanzen zu übertragen. Hier sind die Plastiden im Vegetationspunkt so klein und so schwer färbbar, daß sie mit den bisher angewandten Methoden neben den Chondriosomen nicht sichtbar gemacht werden konnten. Diese Unmöglichkeit der Unterscheidung führte auf Seiten der Anhänger der Chondriosomenlehre zu der Behauptung, daß die Entwicklung der Plastiden bei den Phanerogamen grundsätzlich eine andere sei wie bei den Kryptogamen. Wenn auch bei letzteren die Plastiden als selbständige Gebilde mit eigener Individualität anzusprechen seien, so sei dies doch bei den Phanerogamen nicht der Fall, hier entstünden die Plastiden vielmehr durch direkte Umwandlung aus den Chondriosomen. Nach dieser Auffassung wären die Plastiden der Kryptogamen und Phanerogamen nicht mehr als homolog zu betrachten, eine Ansicht, die von vorneherein nicht sehr viel Wahrscheinlichkeit für sich hat.

In der vorliegenden Arbeit wird nun gezeigt, daß die Auffassung von der Entstehung der Plastiden aus Chondriosomen auch bei den Phanerogramen unrichtig ist, daß vielmehr gemäß der Lehre von SCHIMPER die Chromatophoren eine eigene Individualität besitzen und sich nur durch Teilung aus ihresgleichen vermehren können.

Als Untersuchungsobjekt diente in der Hauptsache *Elodea canadensis*, doch wurden die Resultate auch bei *Impatiens parviflora* und *Pelargonium zonale* nachgeprüft und in allen Punkten bestätigt. An grünen Adventivwurzeln von *Elodea* lassen sich im Leben leicht dic rundlichen bis schwach ovalen Plastiden bis in die äußerste Spitze des Vegetationspunktes nachweisen; daneben findet man in allen Zellen feinstäbchenförmige Chondriosomen, die durch keinerlei Übergänge mit den Plastiden verbunden sind. Die günstigen Bedingungen für die Lebendbeobachtung erlaubten es, die Wirkung einer Reihe von Reagentien auf Plastiden und Chondriosomen unter dem Mikroskop direkt zu verfolgen. Dabei zeigte sich, daß diese beide Arten von Zellbestandteilen in ihrer stofflichen Zusammensetzung weitgehende Unterschiede aufweisen. So werden, um nur zwei Beispiele zu nennen, bei Zusatz von schwacher Essigsäure die Chondriosomen zerstört, während die Plastiden unverändert ihre Form beibehalten, und andererseits verquellen in 10 proz. Ammoniak die Plastiden vollständig, während die Chondriosomen trotz schwachen Verquellens nicht gelöst werden.

Diese Befunde am lebenden Objekt wurden bestätigt an fixierten und gefärbten Präparaten. In der Hauptsache wurden zwei Fixierungsgemische benutzt, erstens das Formalin-Kaliumbichromat-Gemisch von Regaud, das in ausgezeichneter Weise die Chondriosomen zu erhalten gestattet, und zweitens ein Sublimat-Alkohol-Eisessig-Gemisch von LENHOSSEK, durch welches infolge des Eisessiggehaltes die Chondriosomen zerstört, die Plastiden aber gut fixiert werden. Bei geeigneter Färbung mit Säure-Fuchsin lassen sich dann in den nach REGAND fixierten Präparaten die Plastiden neben den Chondriosomen bis ins äußerste Meristem hinein verfolgen, während in den nach LENHOSSEK vorbehandelten Schnitten in allen Zellen nur Plastiden wahrzunehmen sind; die Chondriosomen sind hier völlig zu einem körneligen Gerinnsel desorganisiert.

Genau dieselben Verhältnisse ergaben sich bei der Untersuchung des Sproßvegetationspunktes von Elodea. Auch hier ergab sich die Möglich-

keit die Plastiden von den Chondriosomen bis in die äußersten Meristemzellen hinein zu unterscheiden und nachzuweisen, daß beide in keinerlei Zusammenhang miteinander stehen, daß vielmehr die Plastiden sich nur durch Teilung vermehren können, nie aber de novo entstehen.

Die gleichen Verhältnisse, wie sie bei *Elodea* bestehen, ließen sich auch bei *Impatiens* und *Pelargonium* nachweisen. Auch hier haben die Plastiden stofflich wie entwicklungsgeschichtlich nichts mit den Chondriosomen zu tun und stellen Zellorgane mit eigener Individualität dar. Vor allen Dingen wurde auch bei diesen Pflanzen gezeigt, daß nach Fixierung mit dem REGAUDschen Gemisch Plastiden und Chondriosomen in den äußersten Zellen des Sproßscheitels nachgewiesen werden können, während nach Gebrauch chondriosomenzerstörender Fixierungsmittel nur noch die Plastiden allein zu finden sind. Bei diesen beiden Pflanzen wurde ferner festgestellt, daß auch bei der Bildung der Fortpflanzungszellen Plastiden nie von neuem entstehen, sondern daß sie sich auch hier nur durch Teilung vermehren. Der Eizelle werden auf diese Weise eine große Zahl von Chromatophoren mitgegeben, die nach der Befruchtung den Ausgang bilden für alle im Keim und in der zukünfigen Tochterpflanze vorhandenen Plastiden.

Die SCHIMPERsche Lehre von der Individualität der Plastiden besteht somit völlig zurecht, diese Gebilde stehen mit den neuerdings in den Zellen entdeckten Chondriosomen in keinerlei Beziehung. Der Grund dafür, warum der Nachweis der Chromatophoren im äußersten Vegetationspunkt bisher so viel Schwierigkeiten bereitet hat, dürfte in dem Umstand zu suchen sein, daß die Plastiden im Meristem äußerst schwer färbbar sind und daß man sie bei Behandlung der Objekte mit unseren gewöhnlichen Fixierungs- und Färbemethoden im Vegetationspunkt selbst fast durchweg überhaupt nicht zu sehen bekommt. Autoreferat.

C. A. Kofoid and **O. Swezy**: On the free, encysted, and budding stages of *Councilmania lafleuri*, a parasitic amoeba of the human intestine. (Univ. of Calif. Publ. in zool. Vol. 20, 1921.)

Diese neue (?) Darmamöbe der Menschen wurde bei elf Patienten in Berkeley, die aus verschiedenen Ländern gekommen waren, gefunden (Größe: 35—65 μ). Sie zeigt im Kernbau große Ähnlichkeit mit *Entamoeba coli*, unterscheidet sich von dieser durch lebhafte Bewegung, scharfe Trennung von Ecto- und Entoplasma und Fressen von Erythrocyten. Außer diesen finden sich in den Nahrungsvakuolen Bakterien und *Chilomastix*-Cysten. Die Cysten (Größe: 11—34 μ) haben höchstens acht Kerne, auf den ein- und zweikernigen Stadien eine jodophile Vakuole. Die Chromidialkörper sind in größerer Anzahl vorhanden. Die Mitosen zeigen acht Chromosomen. Die Cystenwand ist sehr dick (0,8—1,5 μ). Die Verf. glauben (nach fixierten Präparaten!) ein Ausschlüpfen einkerniger Amöben festgestellt zu haben, ein Prozeß (von den Verf. „budding" = Knospung genannt), der folgendermaßen verläuft: Zunächst erscheint ein schmaler meridionaler Wulst („ridge"), in dessen Bereich sich das Cytoplasma stark mit Eisenhämatoxylin färbt, dieser Wulst sprengt an einer Stelle die Cystenwand, es tritt etwas Protoplasma aus, in diese „Knospe" wandert ein Kern

ein und dann löst sich die „amoebula“ los. Dieser Prozeß wiederholt sich, bis die Cyste entleert ist. Intra vitam wurden diese Vorgänge nie beobachtet, nur einmal war bei einer Cyste mit gebildeter „Knospe“ diese nach einer Stunde verschwunden. Diese Knospung kommt normalerweise in allen von der Amöbe bewohnten Darmteilen, sowie in den Fäces vor. Da keine Sektionen vorlagen, konnte der eigentliche Aufenthaltsort des Parasiten nicht eruiert werden; er wurde sowohl in normalen als auch in diarrhoischen Stühlen gefunden. Kultur- und Infektionsversuche verliefen resultatlos. Die Amöbe ist wahrscheinlich pathogen, da alle untersuchten Personen wegen Darmbeschwerden in Behandlung waren. Am Schlusse führen die Verf. in einer Tabelle die Unterschiede zwischen der neuen Form und *E. coli* an, die ihnen genügend groß zu sein scheinen, um eine neue Spezies zu bilden. (Die Aufstellung eines neuen Genus erscheint dem Verf. durch das Vorkommen der vegetativen Amöbe in den Fäces, sowie den Knospungsprozeß hinreichend gerechtfertigt zu sein. Was diesen letzteren anbelangt, so muß man wohl noch exaktere Beweise für sein normales Vorkommen verlangen, als die Verf. geliefert haben. Vorläufig kann man die Amöbe m. E. höchstens als Rasse von *E. coli* bezeichnen. Schließlich hätten sich die Verf. die Behauptung, daß eine Autogamie in der Cyste „is proposed and defended by the SCHAUDINN-HARTMANN school of protozoologists“ recht gut ersparen können, da sie seit 9 Jahren nicht mehr zutrifft! HARTMANN hat nämlich schon 1912 für *E. coli* den Beweis erbracht, daß in der Cyste keine Autogamie stattfindet. d. Ref.)

KARL BĚLAŘ.

C. W. Wilson: On the life-history of a soil amoeba. (Univ. of Calif. public. in zool. Vol. 16, 1916.)

Eine eingehende Beschreibung der Kernteilung, Knospenbildung (? es sollen sich nach außen kernlose, mit Chromidien erfüllte Knospen abschnüren, oder im Innern eines zweikernigen Individuums eine Plasmapartie um einen der Kerne herum von dem übrigen Cytoplasma abtrennen; die Belege für diesen Vorgang sind ziemlich spärlich, die betr. Bilder können ebensogut als Freßakte gedeutet werden), Encystierung und Chromidienbildung in der Cyste, sowie schließlich der Geißelbildung einer *Vahlkampfia*-Art (von der Verfasserin als *Naegleria gruberi* bezeichnet). Bei der Kernteilung (gewöhnlicher *Vahlkampfia*-Typus) werden Centriolen nachgewiesen. Bemerkenswert sind die Angaben über die Morphologie der Geißelbildung, bisher die ersten, die über diesen Vorgang vorliegen. Die auslösenden Bedingungen sind: Übertragen von der Agarplatte in einige Tropfen destillierten Wassers auf ein Deckglas und bei Zimmertemperatur offen stehen lassen; nach einer Stunde begannen sich die Amöben in Flagellaten umzuwandeln. Fixierte Präparate zeigen folgende Veränderungen: An der Peripherie des Karyosoms erscheint eine kleine knopfartige Verdickung, die sich loslöst und durch den Außenkern und die Kernmembran in das Cytoplasma bis an dessen äußerste Schicht wandert. Hierbei bleibt dieses Körnchen, welches die Verf. als Centriol auffaßt, mit dem Karyosom durch einen Rhizoplast in Verbindung. Ist das Centriol an der Zelloberfläche angelangt, so sprossen aus ihm zwei Geißeln hervor. Dieser Vorgang wurde aus fixierten Präparaten erschlossen. Die Rück-

umwandlung der Flagellaten in Amöben kann jederzeit durch Temperaturerhöhung oder -erniedrigung bei gleichzeitiger mechanischer Störung (Durchmischung des Tropfens) bewirkt werden. KARL BĚLAŘ.

H. S. Davis: The structure and development of a myxosporidian parasite of the squeteague, *Cynoscion regalis*. (Journ. of morphology, Vol. 27, 1916.)

Der Parasit, *Sphaerospora dimorpha* n. sp., bewohnt Harnblase und WOLFF'sche Gänge des Wirtes. Er kommt in einer disporen und einer polysporen Form vor, die einander im übrigen völlig gleichen. Plasmotomie wurde im Deckglaspräparat im Leben beobachtet, scheint aber unter normalen Verhältnissen nicht vorzukommen. Die polyspore Form bildet Gemmulae, achtkernige Plasmapartien, die sich abgrenzen und deren Auswandern aus dem Plasma des „Trophozoiten" auch im Leben beobachtet wurde. Ferner konnte, wenn auch selten, so doch mit Sicherheit festgestellt werden, daß Erythrocyten des Wirtes ins Plasma aufgenommen und verdaut werden. Die Kernteilungen im Pansporoblasten zeigen sechs sehr deutliche, relativ große schleifenförmige Chromosome. Verf. läßt die Frage, an welcher Stelle des Entwicklungskreises die Befruchtung stattfindet, offen. Das Ausschlüpfen des Amöboidkeimes aus der Spore erfolgt auf Einwirken von Magensaft binnen 15 Minuten. KARL BĚLAŘ.

Rokusaburo Kudo; Studies on myxosporidia. A Synopsis of genera and species of myxosporidia. 25 pl. 2 textfig. (Illinois biological monographs, Vol. 5, 1919.)

Eine Zusammenstellung sämtlicher Myxosporidien, auf Grund eines neuen, vom Verf. vorgeschlagenen Systems, welches ausschließlich auf Sporencharakteren basiert; die Ordnung zerfällt in die Unterordnungen *Eurysporea* (der größte Schalendurchmesser steht normal zur Nahtebene der Schalenhälften); *Sphaerosporea* (Sporen sphärisch oder subsphärisch) und *Platysporea* (der größte Schalendurchmesser liegt in der Nahtebene). Die Zusammenstellung enthält außer der Aufzählung der Diagnosen (mit Abbildungen jeder Form) eine Bestimmungstabelle, eine Übersicht über die geographische Verbreitung, ein Verzeichnis der Wirte und der befallenen Organe und ein Literaturverzeichnis. KARL BĚLAŘ.

D. Keilin: On the lifehistory of *Helicosporidium parasiticum* n. g. n. sp., a new type of protist parasitic in the larva of *Dasyhelea obscura* (*Diptera, Ceratopogonidae*) and in some other Arthropods. (Parasitology, Vol. 13, 1921.)

Die Wirtstiere (außer der im Titel angeführten Fliegenlarve, die Larve der Diptere *Mycetobia pallipes* und die Acarine *Hericia hericia*) leben in der fauligen Flüssigkeit, die die Wundlöcher von Ulme und Roßkastanie erfüllt. Der Parasit bewohnt die Leibeshöhle, seltener Fettkörper und Bauchstrang. Das Ausgangsstadium ist eine kugelige Zelle von 2—3 μ Größe mit einem Karyosomkern; durch drei aufeinanderfolgende Teilungen zerfällt sie in einen Haufen von acht Zellen: die Schizogonie. Die Anfangsstadien der Sporenbildung sind ähnlich, nur geht die Teilung nur bis zum Vierzellstadium, dann ordnen sich die Zellen derart um, daß drei in

der Mitte bleiben, während die vierte sie schalenförmig umgibt. Die bis dahin kugelige Spore nimmt nun kurz-cylinderförmige Gestalt an, die drei Innenzellen ordnen sich, scheibenförmig abgeplattet, geldrollenartig an, während die Außenzelle eine Membran absondert und sich sodann in eine im Cylindermantel gelegene Spirale mit 3,5 Umgängen umwandelt. Diese Spirale mißt im ausgestreckten Zustand 60 μ und hat ungefähr die Gestalt eines Nematoden; der Kern ist erhalten geblieben, das Plasma hat eine große Affinität zu Eisenhämatoxylin. Die fertige Spore hat einen Durchmesser von 5—6 μ. Die Infektion führt zum Tod der Wirtstiere. Die Öffnung der Spore erfolgt noch in der Leiche, wenn diese halb eintrocknet und wieder befeuchtet wird: dann erhält die Membran einen Riß, aus dem die Spirale heraustritt und sich völlig ausstreckt; die drei Innenzellen bleiben zurück. Verf. glaubt, daß diese die Neuinfektion, die auf allen Entwicklungsstufen der Larven erfolgen kann, per os vermitteln; in der Spirale erblickt er einen Öffnungsmechanismus. Verf. stellt den neuen Parasiten provisorisch zu den Sporozoen, will ihn aber bei keiner Gruppe unterbringen. KARL BĚLAŘ.

C. A. Kofoid and **O. Swezy**: On the Morphology and Mitosis of *Chilomastix mesnili* (WENYON) a common flagellate of the human intestine. (Univ. of Calif. public. in zool. Vol. 20, 1920.)

Verf. stellen folgende ständige Strukturen fest: 1. eine linksläufige Spiralfurche längs des Körpers, 2. ein sehr kompliziertes „neuromotor system“, welches außer dem Kern (in dem ein „central karyosome“ unterschieden wird) aus folgenden Teilen besteht: 1. ein dem vorderen Kernpol anliegendes Centrosom, von dem ein „internal rhizoplast“ zum Karyosom führt, 2. drei „blepharoplasts“ (= Basalkörner), die untereinander und mit dem Centrosom durch Rhizoplasten in Verbindung stehen; von diesem gehen aus: 3. die drei freien Geißeln und die Cytostomgeißel, 4. zwei das Cytostom in weitem Bogen umgreifende stark färbbare Fibrillen, die als „parabasale“ resp. „parastyle“ bezeichnet werden, 5. eine in der Cytostomwand liegende Fibrille, die bis zum unteren Cytostomende reicht und von da zum zweiten Basalkorn zurückläuft. Die von den Basalkörnern ausgehenden Strukturen sind zu zweit auf sie verteilt. In der Cyste bleiben alle Teile des „neuromotor system“ bis auf die drei freien Geißeln erhalten. Teilung wurde nur in der Cyste beobachtet. Sie wird durch eine vollständige Teilung des „neuromotor system“ eingeleitet: zunächst teilen sich Centrosom und Basalkörner, hierbei behalten die alten Basalkörner die Fibrillen der Mutterzelle, die neuen bilden sie durch Auswachsen. Zwischen den geteilten Centrosomen dehnt sich eine „paradesmose“ aus, die sich der Kernmembran dicht anlegt. Die Prophase der Kernteilung konnte nicht genau verfolgt werden, es scheint sich eine Art dicker Knäuel zu bilden, der in 5 Chromosomen zerfällt, der Kern wandelt sich in eine spitzpolige Spindel um, an deren Polen die Centrosomen liegen. Ana- und Telophase verlaufen nach dem gewöhnlichen Schema. Die Tochterplatten klumpen sich in den Tochterkernen zentral zusammen und geben erst lange nach vollendeter Teilung das meiste Chromatin an die Peripherie ab. Im Schlußkapitel betonen die Verff. die nahe Verwandtschaft von *Chilomastix* und *Giardia*. KARL BĚLAŘ.

R. C. Rhodes: Binary fission in *Collodictyon triciliatum* CARTER. (Univ. of Calif. public. in zool. Vol. 19, 1919.)

Dieses Flagellat trat in Süßwasseraquarien, die sonst eine katharobe bis oligosaprobe Protozoenfauna aufwiesen, in großen Mengen auf und hielt sich dort lange Zeit. Kulturversuche waren erfolglos. Verf. vervollständigt zunächst die Befunde früherer Untersucher durch den Nachweis einer symmetrisch zu den vier Geißeln gelegenen Längsfurche, in deren Bereich das Ectoplasma Pseudopodien, die der Nahrungsaufnahme dienen, ausbilden kann. Ernährung und Bewegung werden ausführlich beschrieben. Die 4 Geißeln entspringen am Vorderende von zwei „blepharoplasts", die in eine starke färbbare Plasmazone eingebettet sind. Der Kern ist ein Karyosomkern mit homogenem oder körnigem Außenkern. Bei der Teilung teilt sich zuerst das Karyosom durch hantelförmige Einschnürung in zwei Teile, „micro-" und „macrokaryosome". Letzteres bleibt von den folgenden Veränderungen unberührt, scheint einen Teil der Äquatorialplatte zu bilden und wird vielleicht mit den Chromosomen mitgeteilt; von da ab bleibt sein Schicksal ungeklärt. Das „microkaryosome" umgibt sich mit einer Membran („kinetic membrane"); der von ihr abgeschlossene Raum (unter vermutlicher Substanzaufnahme aus dem Außenkern) vergrößert sich in der Prophase, bis sich diese Membran an die Kernmembran anlegt. Das „microkaryosome" wandelt sich in einen dicken Strang um, der sich in zwei „crescents" teilt, die an ihren Enden Verdickungen zeigen („terminal knobs"). Aus letzteren bilden sich die Chromosomen unter Schwund der sie verbindenden Stränge („crescents") aus, spalten sich und bilden in Achtzahl die Äquatorialplatte. Die Entstehung der Spindel konnte nicht geklärt werden, sie ist spitzpolig und deutlich gefasert. Die Pole berühren die Kernmembran, zuweilen konnten an ihnen Centriole mit einer der Membran außen anliegenden „paradesmose" nachgewiesen werden. Bei dem Übergang von Pro- zur Metaphase vereinigen sich die Spalthälften jedes Chromosoms innig („synizesis"). In der Anaphase werden sie durch scheinbare Querteilung getrennt. In der Telophase schnürt sich die Kernmembran durch, die Tochterplatten klumpen sich als Karyosome zusammen und lassen erst später Chromatin in den Außenkern abströmen. Der Geißelapparat teilt sich, indem die beiden „blepharoplasts" mit je zwei Geißeln auseinanderrücken, sich dann teilen und je zwei neue Geißeln ausbilden. Die Zellteilung ist eine Längsteilung. Im Schlußkapitel bringt Verf. die Teilung des Karyosoms in Parallele mit der Scheidung von Tropho- und Idiochromatin und bespricht seine Befunde im Zusammenhang mit fast allen Problemen der Cytologie mit einer Ausführlichkeit, die durch die von ihm selbst betonte problematische Natur seiner Resultate kaum gerechtfertigt erscheint (s. auch meine Darstellung der Teilung von *Collodictyon* in diesem Archiv Bd. 42, Heft 3, d. Ref.) KARL BĚLAŘ.

W. C. Boeck: Mitosis in *Giardia microti*. (Univ. of Calif. public. in zool. Vol. 18, 1917.)

Nach einer kurzen Bestätigung der cytologischen Befunde KOFOID'S und seiner Mitarbeiter wird die Mitose im Zusammenhang mit dem „neuro-

motor system“ wie folgt beschrieben: die Kernmembran bleibt erhalten. Das Karyosom streckt sich parallel zur Hauptachse des Tieres in die Länge und wandelt sich in einen knotigen Strang um, der sich der Länge nach spaltet. Jede Spalthälfte zerfällt in vier kurze stäbchenförmige Chromosomen. Jetzt teilt sich das der Kernmembran vorn anliegende Centrosom, das eine Teilstück verbleibt an seiner Stelle, das andere wandert an der Kernmembran zum entgegengesetzten Kernpol. Zwischen beiden dehnt sich eine „Paradesmose“ aus. Jetzt ordnen sich die Chromosomen paarweise an (Pseudosynapsis) und rücken in den Spindeläquator. In der Metaphase sind die Doppelchromosomen kaum als solche zu erkennen, die Äquatorialplatte besteht aus vier Elementen, die scheinbar quergeteilt werden, was jedoch als Trennung der vereinigten Spalthälften jedes Chromosoms (die Spaltung wird in das allererste Prophasestadium, welches dem Spirem gleichzusetzen ist, verlegt) zu betrachten ist. Die Tochterplatten wandeln sich in die Karyosome der Tochterkerne um. Die Teilung der übrigen Strukturen des „neuromotor system“ konnte, bis auf das Verhalten des „Axostyls“, welches sich längsspaltet, nicht verfolgt werden, da zu wenig Stadien vorlagen, ebensowenig die Zellteilung.

KARL BĚLAŘ.

W. C. Boeck: Studies on *Giardia microti*. (Univ. of Calif. public. in zool. Vol. 19, 1919.)

1. Tägliche Feststellung der durchschnittlichen Zahl der mit den Fäces abgeschiedenen Cysten zeigt ein jede 7—8 Tage auftretendes Maximum. Daraus wird auf einen rhythmischen Entwicklungszyklus des Parasiten geschlossen. 2. Die beiden Hauptabschnitte dieses Zyklus sind: freibewegliches Flagellat und Cyste. Ersteres pflanzt sich durch Zwei- oder multiple Achtteilung fort. In der Cyste können dieselben Fortpflanzungsprozesse erfolgen; die Teilungsprodukte schlüpfen in Zwei- oder Achtzahl aus, wenn die Cyste in den Darm eines neuen Wirtes gelangt; erfolgt die Übertragung auf einem Stadium, wo die Teilung noch nicht beendet ist, so schlüpft das Flagellat trotzdem aus und beendet die Teilung im beweglichen Zustand. 3. Die „parabasal bodies“ sind acidophil, wahrscheinlich cytoplasmatischen Ursprungs. Durch Behandlung mit Jodjodkali kann in ihnen eine Partie unterschieden werden, die Glykogenreaktion gibt. Die Parabasalia sind demzufolge als Reservestoffspeicher zu betrachten, daher auch ihr Wachstum in der Cyste. 4. Versuche mit dem bei *Giardia*-Infektionen des Menschen angewandten Wismutsubnitrat und Wismutsalicylat ergaben die völlige Unwirksamkeit dieser Therapeutika.

KARL BĚLAŘ.

W. Nöller: Über einige wenig bekannte Darmprotozoen des Menschen und ihre nächsten Verwandten. (Arch. f. Schiffs- u. Tropenhyg. Bd. 25, 1921.)

Verf. berichtet über Protozoenbefunde bei Patienten des Hamburger Tropeninstituts; es wurden folgende Formen gefunden: *Entamoeba tenuis*, *Endolimax nana*, *Dientamoeba fragilis*, *Enteromonas hominis*, *Isospora hominis*, *Jodamoeba bütschlii* und *Eimeria wenyoni*. Bei den zwei letzt-

genannten Formen wird auf eine mögliche Beziehung zu morphologisch nicht unterscheidbaren Parasiten des Hausschweins resp. der Maus und auf die Notwendigkeit eines vergleichenden Studiums der Darmprotozoen der Haustiere hingewiesen. Ferner teilt Verf. als bemerkenswerte Neuerung die HEIDENHAIN Zeitfärbung mit, die es auch wenig routinierten Untersuchern ermöglicht, brauchbare E. H.-Präparate von Darmprotozoen herzustellen und daher in extenso wiedergegeben werden soll: Feuchtausstriche fixieren in Sublimat- oder Pikrinsäuregemischen, Auswaschen mit Jod- resp. 70 Proz. Alkohol. Beizen in 4 proz. Eisenalaunlösung 1 Stunde lang im 37°-Brutschrank. 1—2 Minuten in fließendem Wasser auswaschen. Färben in nicht über acht Wochen alter Hämatoxylinlösung (10 T. Alkohol, 90 Wasser, 0,5 gr Häm.) 1 Stunde im 37°-Brutschrank. Dann Abspülen mit Leitungswasser, Differenzieren ohne mikroskopische Kontrolle in 2 proz. Eisenalaunlösung: 3½—4 Min. für Amöben, 1½—2½ Min. für Flagellaten, 5—6 Min. für Infusorien. 15 Min. wässern in fließendem Wasser, Alkoholstufen, Xylol, Balsam (evtl. direkt aus 96 Proz. Alkohol in venet. Terpentin). Nur die Differenzierungszeiten sind genau einzuhalten, Beiz- und Färbedauer kann etwas verlängert werden! KARL BĚLAŘ.

C. França: La flagellose des Euphorbes. (Ann. Inst. Pasteur, T. 34, 1920.)

Eine zusammenfassende Darstellung des ganzen Entwicklungskreises von *Leptomonas davidi*, nach den vom Verf. in Portugal angestellten Untersuchungen. 1. Die bereits bekannte Morphologie der Milchsaftform wird kurz wiederholt; es findet hier nur einfache Zweiteilung statt. 2. Der Überträger ist (in Portugal) die Wanze *Stenocephalus agilis*; Verf. konnte experimentell gesunde Pflanzen mittels infizierter Wanzen infizieren, als auch umgekehrt. Die Parasiten finden sich nach dem Saugakt zunächst im Mitteldarm, wo sie sich stark vermehren (Zweiteilung und multiple Teilung). Nach dem vierten Tage findet isogame Copulation statt(?) wobei die Blepharoplasten der Gameten degenerieren sollen. Von da ab findet man keine Vermehrung der Parasiten, dagegen zahlreiche Riesenformen. Schon vom 5. Tage an erscheinen jedoch dazwischen sehr kleine Formen, sehr schmal, mit relativ kleiner Cytoplasmamasse und ohne Geißel. Sie treten zunächst im Mitteldarm auf, finden sich aber später vorwiegend in großen Mengen in den Speicheldrüsen. Die Art des Überwanderns konnte nicht festgestellt werden. Diese Zwergformen vermitteln die Infektion der Pflanze. Im „Primäraffekt“ einer frisch infizierten *Euphorbia segetalis* findet man diese Formen im Gewebe verstreut, sie sind meist abgekugelt. Alsbald beginnt dann der Übertritt in die Milchröhren und die Vermehrung. KARL BĚLAŘ.

J. Mc Culloch: A comparison of the life cycle of *Crithidia* whit that of *Trypanosoma* in the invertebrate host. (Univ. of Calif. public. in zool. Vol. 19, 1919.)

An Hand einer eingehenden Untersuchung aller Stadien der in der Hemiptere *Euryophthalmus convivus* parasitierenden *Crithidia euryophthalmi*

findet die Verf. eine völlige Parallele mit den Stadien der Trypanosomen in blutsaugenden Insekten, hingegen nur wenig Übereinstimmung mit *Leptomonas* und *Herpetomonas*. Das *Crithidia*-Stadium der Trypanosomen ist vollkommen übereinstimmend. Die „Ruheformen" z. B. von *Trypanosoma gambiense* sind hier durch die endogenen Knospen vertreten: In einer *Crithidia* teilt sich der Kern wiederholt, nicht hingegen der Blepharoplast. Dann sondert sich an einer Stelle jedes Kerns ein chromatischer Knoten ab, der Blepharoplast der Knospe, welche durch Abgrenzung einer Plasmapartie um Kern und Blepharoplast entsteht. Die Knospen werden durch Zerfall der Mutterzelle, mit deren Resten auch ihr Geißelapparat untergeht, frei. Ein weiterer Punkt der Übereinstimmung sind intracelluläre Stadien im Vorderdarm, die multiple Vermehrung zeigen. Die Flagellaten wandern ebenso im Darm abwärts, wie etwa *Trypanosoma lewisi* im Floh; im Enddarm sind nur drei Kategorien vertreten: freibewegliche („nectomonads") „infective spores" ohne Geißel vom Habitus der „endogenen Knospen", zu denen alle Übergänge von der ersten Kategorie führen und die in ihren extremen Formen einen hyperchromatischen Kern und verdickten Periplast aufweisen und „haptomonads" am Epithel angeheftete Formen. Letztere sind über den ganzen Darmtrakt hin verbreitet. Verf. plädiert daher für eine Ableitung der Trypanosomen von *Crithidia* und nicht von *Leptomonas* oder *Herpetomonas*.

KARL BĚLAŘ.

O. Swezy: The occurrence of *Trypanoplasma* as an ectoparasite. (Transact. of the Amer. Microsc. Soc. Menasha Wisc. Vol. 38, 1919.)

In dem Epidermalschleim von Goldfischen wurden außer *Costia necatrix* ein kleines Trypanoplasma (*T. carassii* Swezy) gefunden. Länge 1—12 μ, Breite 3—7 μ. Habitus wie bei *T. congeri* oder *borreli*. Scheinbar nicht pathogen.

KARL BĚLAŘ.

C. A. Kofoid: A critical review of the nomenclature of human intestinal flagellates, *Cercomonas*, *Chilomastix*, *Trichomonas*, *Tetratrichomonas* and *Giardia*. (Univ. of Calif. public. in zool. Vol. 20, 1920.)

1. Es ist nicht bewiesen, daß *Cercomonas* überhaupt ein Darmparasit ist. Als Kotbewohner kämen *C. longicauda* DUJARDIN und *C. parva* HARTMANN u. CHAGAS in Betracht. Die sonstigen *C.*-Befunde beruhen auf Verwechslungen mit *Chilomastix* und *Craigia*. 2. Der richtige Name für *Chilomastix* (Macrostoma) *mesnili* WENYON ist: *Ch. davainei* MOQUIN-TAND da letztgenannter Autor zuerst die Spezies *Cercomonas hominis* DAVAINE in zwei: *C. davainei* und *C. hominis* aufgeteilt hat. 3. Dieser letztere Name gebührt als Speciesbezeichnung der *Trichomonas hominis* DAVAINE aus dem Darm. 4. Der Genusname *Tetratrichomonas* ist hinfällig, da die erstbeschriebene *Trichomonas vaginalis* DONNÉ, sowie *T. hominis* und *T. buccalis* viergeißelig sind. Hingegen wird 5. für die dreigeißeligen Trichomonaden der neue Genusname *Tritrichomonas* vorgeschlagen, Typus: *T. augusta* ALEXEIEFF. 6. Der Name *Giardia enterica* GRASSI hat Priorität vor *G.* (*Lamblia*) *intestinalis* LAMBL. (Bezüglich des letzten Punktes vgl. RODENWALDT, dieses Archiv Bd. 42.)

KARL BĚLAŘ.

C. A. Kofoid and **O. Swezy**: Studies on the parasites of the termites. (Univ. of Calif. public. in zool. Vol. 20, 1919.)

I. On *Streblomastix strix*, a polymastigote flagellate with a linear plasmodial phase.

Dieses, sowie die folgend beschriebenen Flagellaten parasitiert im Darm von *Termopsis angusticollis* WALKER. Der Körper ist lang ausgezogen spindelförmig, mit spitzem Ende und einer linksläufigen Torsion, die durch vier Längsfurchen markiert ist. Durchschnittslänge 40 μ (Extreme: 20 resp. 530 μ), = dicke: 2 μ. Das Cytoplasma ist bis auf den Geißelapparat völlig undifferenziert, es ist weder eine Pellicula noch Ectoplasma vorhanden. Am Vorderende entspringen 6 halb körperlange Geißeln von einer gemeinsamen Basalkorngruppe („blepharoplast"), diese ist mit dem Vorderende des Kerns durch einen Rhizoplasten verbunden (eine Verdickung an der Kernmembran wird hier als „centrosome" bezeichnet). Von dem „Blepharoplast" nehmen auch 4 Fibrillen ihren Ursprung, die in den spiraligen Längsfurchen liegen und als Myoneme aufgefaßt werden. (Viel wahrscheinlicher scheint mir die Interpretation als Stützfibrillen zu sein, da sie bei Cytolyse übrigbleiben, d. Ref.) Die Verf. weisen auf die übereinstimmende linksläufige Torsion verschiedener Flagellatenorganellen als bedeutungsvolles Phänomen hin. Der Kern ist von dicht körniger Struktur, $^1/_3$ bis $^1/_2$ Körper lang, von derselben Form wie der Körper. Von der Teilung wurden nur die Endstadien beobachtet, der Kern erstreckt sich durch die ganze Zelle, ist an beiden Enden etwas verdickt und an beiden Körperenden entspringen 4—6 Geißeln. Darauf reißt der die beiden Kerne verbindende Faden durch und die Zellen trennen sich. Individuen von besonderer Länge, deren Kern sich über die ganze Zelle erstreckt und durch dünne Partien in acht Teile geteilt ist, werden als Schizogoniestadien (?) aufgefaßt; eine Vermehrung der Geißelapparate scheint jedoch nicht zu erfolgen. Die Stellung der Parasiten im Darm ist normal zum Epithel, mit dem Vorderende diesem zugekehrt. Die Verf. stellen die Form zu den Polymastiginen in die Familie der *Streblomastigidae*.

II. On *Trichomitus termitidis*, a polymastigote flagellate with highly developed neuromotor system.

Ein Organismus von dem Habitus einer *Trichomonas*, birnförmig (Länge 75—150 μ), metabol, mit 3 Vordergeißeln und einer undulierenden Membran, jedoch ohne Achsenstab. Im Cytoplasma finden sich zahlreiche Nahrungsvakuolen, erfüllt von Bakterien oder Holzfragmenten. Am Vorderende liegt, wie bei *Trichomonas*, ein spaltförmiges Cytostom. Die Geißeln entspringen von einem „centroblepharoplast", von dem auch die undulierende Membran und ein sie begleitendes dickes Parabasale ausgehen. Von dem „centroblepharoplast" geht ein feiner Rhizoplast zur Kernmembran. Der Kern liegt im Vorderende, hat elliptische Form und eine gleichmäßig granuläre Struktur. Auffallend ist der innige Verband von Kern und Geißelapparat, der bei Auflösung des Cytoplasmas (dies kommt schon oft vor) deutlich zutage tritt: man findet dann den isolierten Komplex von Kern, centroblepharoplast, Geißeln, undulierende Membran und Parabasale ziemlich lange bestehen. Bei der Teilung verdoppelt sich zunächst der Geißelapparat (neuromotor system) auf folgende

Weise: der „centroblepharoplast“ teilt sich in ein Centrosom und einen Blepharoplast, welcher sich sofort wieder in zwei Blepharoplaste teilt, von denen der eine die alten Geißeln + Parabasale übernimmt, der andere diese Strukturen neubildet. Gleichzeitig hat sich der Rhizoplast verdoppelt; beim Auseinanderrücken der Blepharoplaste bleiben diese mit dem Centrosom durch zwei neue Rhizoplasten verbunden. Das Centrosom nähert sich immer mehr der Kernmembran, wobei es sich zu einer ziemlich dicken „Paradesmose“ in die Länge streckt, die sich schließlich der Kermembran dicht anlegt. Diese Stadien sind sehr häufig zu finden, die Prophase ist also von beträchtlicher Dauer. Nunmehr differenziert sich im Kerninnern ein dichtes polar nach der Paradesmose orientiertes Spirem heraus. Der Übergang zur Metaphase ändert das nur unwesentlich: in dem Spirem sind einzelne V-förmige Chromosomen zu erkennen, die die Umbiegungsstelle der Paradesmose zukehren; Spindelfasern sind nicht feststellbar. In der Anaphase teilt sich der Chromosomenklumpen in zwei, die an die Pole der Paradesmose rücken und sich dabei etwas auflockern; die Tochterplatten sind rosettenförmig. Dann schnürt sich der Kern ein und teilt sich durch. Die Zellteilung erfolgt wie bei allen Flagellaten. Außer der Zweiteilung kommt auch multiple Teilung in 8 Individuen vor. In den vom *Trichomitus t.* bewohnten Termiten wurden auch kleine (13×20 μ) eiförmige Cysten gefunden, die alle Strukturen der vegetativen *Trichomitus*-Individuen eng zusammengedrängt erkennen lassen; sie gehören wahrscheinlich zu diesen, zumal ganz kleine Flagellaten, die als präcystische Stadien betrachtet werden können, nicht allzu selten vorkommen. Die Cystenhülle zeigt eigenartige netzförmige Verdickungen.

III. On *Trichonympha campanula* sp. nov.

Diese Beschreibung macht durch die genaue Schilderung der Kernteilung die Morphologie dieses Flagellatentypus zum erstenmal vollständig. Diese Spezies ist langellipsoidisch (Länge 250—460 μ, Breite 110—200 μ). Das **Entoplasma** ist in eine vordere, körnige und eine hintere Zone, die Nahrungsvakuolen und Holzfragmente enthält, geteilt. Die Art der Nahrungsaufnahme bleibt rätselhaft. Die äußere Begrenzung des Ectoplasmas wird durch einen Mantel von längsverlaufenden Myonemen gebildet. Die äußerste Schicht des **Ectoplasmas** wird von längsverlaufenden schmalen hohen Rippen gebildet, die am letzten Drittel des Körpers rasch niedrig werden und in eine feine Pellicula übergehen. Nach innen folgt darauf eine einfache Schicht ziemlich großer Alveolen, zwischen denen stark färbbare (Eisenhämatoxylin) Fibrillen ein anastomosierendes dichtes Netzwerk bilden („oblique fibers“). Dann folgt eine Schicht ringförmiger Myoneme. Am Vorderende laufen die „oblique fibers“ in die Basis des „centroblepharoplast“ zusammen, der sich als ein aus einigen Fibrillen zusammengesetzter Hohlcylinder präsentiert, der die äußerste Ectoplasmenschicht spitz vorwölbt. An seiner Spitze ist der Hohlcylinder entweder offen oder geschlossen; das Ectoplasma ist hier zu einer vorgewölbten Kappe verdickt. Der „centroblepharoplast“ ist möglicherweise als Cystostomhülle zu betrachten. An seiner Basis laufen auch alle anderen longitudinalen Strukturen (Basalkornreihen, Längsmyoneme) zusammen und endigen daselbst. Die **Geißeln** sind in drei Größenkategorien vorhanden: eine Gruppe mittellanger in der unmittelbaren Umgebung des Centroblepharoplasten, kurze an der vorderen

Körperhälfte, sehr lange am dritten Viertel des Körpers. Das Hinterende ist nicht begeißelt. Die Basalkörner liegen am Grunde der Pellicularippen in Längsreihen, dicht über den „oblique fibers", mit denen sie vielleicht Verbindungen eingehen. Der Anfangsteil der Geißeln verläuft vom Basalkorn aus in der Pelliculrippe bis zu deren oberster Kante, von da ab ist die Geißel frei. Der Kern liegt an der Grenze zwischen erstem und zweitem Körperdrittel im Zentrum des Entoplasmas, ist abgeplattet kugelig; auf eine dünne Membran folgt eine Körnchenschicht, dann eine einfache Alveolenschicht; die Kernmitte erfüllt ein Haufen stark färbbarer Chromatingranula, an dessen Außengrenze stets ein größeres Korn (oder aufgewickelter dicker Faden) in einer Vakuole liegend unterschieden werden kann und als „Heterochromosom" bezeichnet wird. Die Beschreibung der Teilung wird durch eine lückenlose Reihe sehr sorgfältiger Zeichnungen illustriert. Zunächst differenziert sich aus dem zentralen Körnerhaufen im Kern ein dichtes Spirem. Dann rundet sich das Flagellat ab und der Kern wandert dicht an den „centroblepharoplast" heran. Dieser teilt sich, an der Basis beginnend, in zwei gleiche Hälften, die an ihrer Basis durch einen breiten Fibrillenstrang, die „Paradesmose" verbunden bleiben. Letztere schmiegt sich dicht an den Kern an, in dem inzwischen das Spirem in Chromosomen zufallen ist, die oft einen zarten Längsspalt erkennen lassen. Die Spalthälften jedes Chromosoms scheinen sich bald darauf (noch in der Prophase!) voneinander zu trennen, bleiben jedoch einander genähert. Jedes Chromosom nimmt dann V-Form an, erst auf diesem Stadium kann die Zahl (nach der Spaltung) festgestellt werden: 52. Der Kern hat jetzt Spindelgestalt angenommen, an den Polen liegen die Basalteile der Centroblepharoplasten außen an, von denen im Kern innere zahlreiche kräftige Spindelfasern hineinstrahlen und bis zu den Chromosomen, die sich inzwischen zn einem dichten Klumpen zusammengeballt haben, reichen. Dieser Klumpen lockert sich schließlich auf, die Chromosomen (wieder V-förmig) ordnen sich, mit den Umbiegungsstellen der Paradesmose zugekehrt, zu einer Art Äquatorialplatte an. Jedoch beträgt ihre Zahl auf diesem Stadium nur 26! In der Anaphase werden die Chromosomen ganz wie Metazoenchromosomen geteilt und wandern auseinander. Das Heterochromosom, welches die ganzen Umwandlungsprozesse der Chromosomen nicht mitgemacht hat, teilt sich ebenfalls. In der Telophase schnürt sich der Kern durch, Spindelfasern und Paradesmose obliterieren und die Anaplasie der Tochterkerne verläuft in gewöhnlicher Weise. Die Zellteilung ist eine Längsteilung. Es scheinen Teilungsepidemien vorzukommen, so daß Ausstriche eines Termitendarms oft alle Teilungsformen auf ein und demselben Stadium zeigen. Im Schlußkapitel diskutieren die Verf. die gewonnenen Resultate, speziell die „Pseudosynapsis" vor der Metaphase und die Natur des Heterochromosoms, ohne zu definitiven Schlüssen zu kommen, weisen auf die Metazoenähnlichkeit bei der Anaphase hin und plädieren für die Individualität der Chromosomen. Ständige Hinweise auf die Bedeutung und Notwendigkeit des „neuromotor system" (hier: Centroblepharoplast + Basalkörner + „oblique fibers" + Myoneme) erscheinen bei den theoretischen Ansichten der Verf. selbstverständlich. Für das Vorkommen von Sexualität wurden keinerlei Anhaltspunkte gefunden.

IV. On *Leidyopsis sphaerica* nov. gen. nov. spec.

Dieses Trichonymphidengenus ist dadurch charakterisiert, daß alle ectoplasmatischen Strukturen und auch die Begeißelung (ziemlich lange, uniforme Geißeln) nur im Bereich des vordersten Körperdrittels ausgebildet sind. Die Form ist fast kugelig, am Vorderende konisch ausgezogen, 165—190 μ im Durchmesser. Ecto- und entoplasmatische Strukturen, Kernbau und Kernteilung, wie bei *Trichonympha*. Verf. betrachten die Form als primitivere Vorstufe von *Trichonympha*. KARL BĚLAŘ.

A. Dehorne: Contribution a l'étude comparée de l'appareil nucléaire des infusoires ciliés (*Paramaecium caudatum* et *Colpidium truncatum*) des euglènes et des cyanophycées. (Arch. de zool. exper. et gen. Bd. 60, 1920.)

I. Verf. kommt auf Grund eingehender Studien des Conjugationsvorgangs von *Paramaecium* an Totalpräparaten (daneben auch an Schnitten), wobei alle Übergänge zwischen den einzelnen Stadien genau verfolgt wurden, zu folgenden Resultaten: 1. Der Micronucleus läßt stets eine homogene Polkappe, die von der letzten vorangegangenen Teilung herrührt, neben einem Chromatingerüst erkennen. Getrennte Chromosomen sind weder im Ruhezustande noch auf irgendeinem Stadium sowohl der vegetativen als auch der drei bei der Konjugation verlaufenden Mitosen nachzuweisen; das Chromatin ist vielmehr dort, wo es deutlich erkennbar ist, zu einem einzigen vielfach gewundenen Faden angeordnet. 2. Dieser Faden verklumpt in dem die Konjugation einleitenden Sichelstadium und ordnet sich dann so an, daß er seine umgebogen verdickten Schleifenenden der Polkappe zukehrt; dann beginnt die erste Teilung. 3. Die Art und Weise, wie sich dieser Faden in der Mitose teilt, ist nicht festzustellen; Verf. glaubt, auf Grund vereinzelter Befunde, zwei Möglichkeiten annehmen zu können: a) der Faden reißt an einer Stelle durch, wird also quergeteilt und jede Tochterplatte erhält einen Faden von halber Länge, oder b) der Faden spaltet sich in der späten Prophase seiner ganzen Länge nach, und die Spalthälften treten voneinander völlig getrennt in die Äquatorialplatte, um sich dann auf die Tochterplatten zu verteilen. 4. Demzufolge ist auch keine Zahlenreduktion der Chromosomen vor der Konjugation nachzuweisen; auch sind keine synaptischen Phänomene (Parallelkonjugation der Chromosomen) feststellbar. Trotzdem sind die vor der Konjugation erfolgenden Micronucleusteilungen, und zwar nicht nur die beiden ersten, sondern auch die dritte (die den stationären und den Wanderkern liefert) als Reduktionsteilungen zu bezeichnen; hierfür spricht ihre rasche Aufeinanderfolge und die abweichende Prophase (Sichelstadium) der ersten. Es findet aber keine Zahlen- sondern eine Massenreduktion des Chromatins statt; und da sich die drei Teilungen voneinander fast gar nicht unterscheiden, so sind sie an diesem Prozeß in gleicher Weise beteiligt. 5. Die Entwicklung der Macronucleusplacenten spielt sich in der Weise ab, daß sich der Chromatinfaden verdickt und gleichzeitig im Kernhohlraum auflöst; später tritt dann neuerdings eine spiremartige Struktur auf, deren Zusammenhang mit dem Chromatinfaden jedoch nicht beweisbar ist; Verf. erblickt in diesem Phänomen einen Aus-

druck der durch die rasche Volumzunahme herbeigeführten Gleichgewichtsstörung zwischen Solen und Gelen des Kerninnern.

Verf. polemisiert gegen die Darstellung von CALKIN's und CULL, nach der bei *Paramaecium* Chromosomenkonjugation und Zahlenreduktion stattfindet, unter ständigem Hinweis darauf, daß diese Autoren hauptsächlich Schnitte untersucht hätten und daher den Chromatinfaden nie intakt hätten beobachten können. 6. Bei *Colpidium truncatum* kommt Verf. prinzipiell zu denselben Resultaten. Das Chromatin tritt hier zwar in gesonderten Balken, oft in Vierzahl auf, jedoch ist diese Zahl keineswegs immer festzustellen und die Diskontinuität kann durch Alternieren schwach und stark färbbarer Teile des einheitlichen Chromatinfadens vorgetäuscht sein. Diese Balken werden quergeteilt. Auch hier sind alle drei Teilungen vor der Conjugation Reduktionsteilungen in bezug auf die Chromatin m a s s e.

II. Die Untersuchung der mitotischen Phänomene bei verschiedenen *Euglena* spec. ist bei weitem nicht so ausführlich, wie die der Ciliaten, da es dem Verf. nur darauf ankommt, hier die Gleichartigkeit mit der Kernteilung der Ciliaten nachzuweisen. Alle *Euglena*-Kerne lassen sich in zwei Typen einordnen. Typus A zeigt im Ruhestadium einen langen gewundenen Chromatinfaden im Außenkern, der in der Prophose in zahlreiche l ä n g s g e s p a l t e n e Chromosomen zerfällt, die jedoch in der Anaphase quergeteilt werden. (Merkwürdigerweise nimmt Verf. auf die Arbeit von TSCHENZOFF, der diese Verhältnisse genau geschildert und gemäß früheren Anschauungen DEHORNES interpretiert hat, nur in der Weise Bezug, daß er sich an das Vorhandensein dieser Arbeit dunkel erinnern kann: „quelque auteur allemand“!!). Typus B hat im Ruhestadium ganz fein verteiltes Chromatin; bei der Teilung differenziert sich daraus ein undeutlicher Chromatinfaden, über dessen Verhalten bei der Teilung keine Klarheit gewonnen werden konnte, da er bei der Fixierung leicht verklumpt.

III. Die Kerne (also: Centralkörper) der *Cyanophyceen* zeigen bei manchen Formen dieselben Strukturen wie bei *Colpidium*, also chromatische Balken, die quergeteilt werden, bei manchen Formen ist ebenso ein gewundener kontinuierlicher Chromatinfaden, wie bei *Paramaecium*, vorhanden, der sich in derselben Weise teilt (wie? d. Ref.). Schließlich wird auf die große Übereinstimmung der Kernteilungsbilder bei *Cyanophyceen* und bei *Spirogyra crassa* (nach MERRIMAN) hingewiesen.

Mehr nebenbei werden verschiedene Strukturen im Macronucleus der anfangs untersuchten Ciliaten sowie die „Mitochondrien“ der Euglenen beschrieben.

IV. Zusammenfassend kommt Verf. zu dem Schluß, daß der Kernteilungtypus der Ciliaten, Euglenen und Cyanophyceen ein und dieselben und als H a p l o m i t o s e (definiert als: Übergang zwischen Amitose und Mitose, gekennzeichnet durch geringe Ausbildung der achromatischen Strukturen und Fehlen des typischen Chromosomenzyklus) zu bezeichnen ist. D e n P h ä n o m e n e n d e r t y p i s c h e n K a r y o k i n e s e k o m m t s o m i t k e i n e p r i n z i p i e l l e, a l l u m f a s s e n d e B e d e u t u n g z u, w e d e r f ü r d i e v e g e t a t i v e, n o c h f ü r d i e R e d u k t i o n s t e i l u n g.

(Solchen Behauptungen gegenüber, die, wenn sie einwandfrei bewiesen wären, eine Revision unserer genannten Anschauungen über dieses Thema

notwendig machen würden, ist ein Wort der Kritik nicht unangebracht. Die Darstellung der Kernteilung von *Paramaecium* ist sicher genau und vielleicht auch einwandfrei; daß aber bei einer Form einer Gruppe dieselben Verhältnisse, die bei anderen Formen klar erkennbar sind, durch irgendwelche Faktoren bis zur Unkenntlichkeit verkleinert sein können, dafür gibt es speziell bei den Protisten Beispiele genug. Ein Generalisieren in dieser Richtung ist um so übereilter, als der Verf. es vollkommen unterläßt, sich mit den an anderen Ciliatenformen gewonnenen Resultaten über Kernteilung und Zahlenreduktion (STEVEN's ENRIQUES, PRANDTL, MULSOW) auseinanderzusetzen, also für die ganze Klasse die Richtigkeit seiner Ansichten nachzuweisen. Die Bilder, die er von *Colpidium* gibt, zeigen ferner ganz deutlich, daß er lauter stark geschrumpfte Kerne vor sich gehabt hat. Die Kernteilung der Euglenen entfernt sich ja wohl recht weit vom Normaltyp der Karyokinese, trotzdem wird Verf. mit seiner Ansicht, daß sie, sowohl was Teilungsmechanismus wie Ausbildung der Chromosomen anbelangt, mit den Ciliaten weitgehend übereinstimmt, so ziemlich allein dastehen. Das Einbeziehen der Cyanophyceen als dritten im Bunde, zusammen mit der Parallele mit *Spirogyra crassa* (MERRIMAN's Schilderung ist wohl, wenn man sie mit den Arbeiten von BERGHS und TRÖNDLE vergleicht, wenn nicht ungenügend, so doch höchst unbefriedigend, weil ihre Resultate an einem ungünstigen Objekt gewonnen sind), kann jedoch nur als völlige Entgleisung bezeichnet werden. Verf. hätte sich wohl zuvor aus der botanischen Literatur (siehe die zusammenfassende Darstellung von BAUMGÄRTEL in diesem Archiv Bd. 41) ein Bild über die Anschauungen der einzelnen Autoren über Natur und Bedeutung des „Chromatins" den Cyanophyceen machen können: der herrschenden Ansicht nach handelt es sich um Kohlehydrate! Verf. unterläßt es aber auch hier, seine Resultate unter Bezugnahme auf die Literatur zu diskutieren.

KARL BĚLAŘ.

H. B. Yocom: The neuromotor apparatus of *Euplotes patella*. (Univ. of Calif. public. in zool. Vol. 18. 1918.)

Unter dem Terminus „neuromotor system" versteht KOFOID (bei Flagellaten) „the integrated fibrillar system uniting the karyosome, centrosome, blepharoplaste, flagella, and other motor organs, and the fibers of the oral region into one continuos, structural unit." Das „n. s." soll motorisch koordinierende nervöse Funktion haben. Verf. sucht homologe Strukturen bei *Euplotes* nachzuweisen. Technisch ist hervorzuheben: als Kulturmedium wurde eine 0,25—0,5 proz. Lösung von „Horlicks Malted Milk" verwendet, ferner ein verdünntes Decoct von getrockneten Pilzen. Die am meisten angewandte Färbemethode war die Bindegewebsfärbung nach MALLORY (Anilinblau-Oxalsäure-Orange G-Fuchsin S). Am Vorderende des (Ventralansicht!) linken Cytostomrandes findet sich eine zweilappige 8 μ lange färbbare Verdickung des Plasmas, dicht unter der Pellicula gelegen: das „motorium", welches als Centrum des „neuromotor system" aufgefaßt wird. Von dem linken Lappen geht eine Fibrille entlang des vorderen und rechten Cytostomrandes bis zum Cytopharynx. Im Bereich der das Vorderende des Tieres abschließenden vorderen Cytostomlippe schließt an diese

Fibrille ein Fibrillengitter an, welches am besten mit den Konturen (in Vertikalprojektion) zweier aneinanderstoßender Reihen von Bienenzellen, deren obere resp. untere Hälfte wegzudenken ist, verglichen werden kann. Nach hinten zu entspringen von dem rechten Lappen des „motorium“ 5 Fibrillen, die unter den 5 Analcirren mit je einem Haufen färbbarer Körner endigen. Unter den Frontal-, Ventral- und Marginalcirren finden sich ebensolche Körneransammlungen, von denen ein bis zwei kurze Fibrillenbündel im Plasma ausstrahlen.

Diese Strukturen faßt Verf. als dem „neuromotor system“ der Flagellaten homolog auf und zwar stellt er das „motorium“ dem Blepharoplasten, die Fibrillen den Rhizoplasten gleich. Als Beweise für die nervöse Natur des „n. s.“ führt er an: 1. Die mit Metazoenneurofibrillen übereinstimmende Färbung bei MALLORYs-Tinktion. 2. Die ständige Koordination in der Bewegung der 5 Analcirren und der Cytostommembranellen, ferner die besonders große Sensibilität der vorderen Cytostomlippe. Die Bewegung der nicht mit dem „motorium“ verbundenen Cirren ist hingegen unkoordiniert. 3. Die Lage des „n. s.“ zu den Bewegungsorganellen. Bei der Teilung (die im übrigen sowie die Strukturen im ruhenden Macro- und Micronucleus, Cytoplasma usw. kurz beschrieben wird) übernimmt das Vordertier das „motorium“ und die Cytostomfibrille des Muttertieres, alle übrigen Fibrillen, sowie die Cirren, werden resorbiert und in den beiden Tochtertieren unabhängig vom motorium im Ectoplasma neu angelegt. Das Hintertier bildet in derselben Weise ein neues Motorium und Cytostom. Die Analfibrillen und die Cytostomfibrille des Hintertiers wachsen nach dem motorium aus und verbinden sich mit ihm in den letzten Phasen der Zellteilung. Hierbei sinken die Fibrillen aus dem Ecto ins Entoplasma. Verf. erblickt in diesen Vorgängen sowie in der Verkürzung des Macronucleus vor der Teilung einer Verjüngungsvorgang. KARL BĔLAŘ.

C. V. Taylor: Demonstration of the function of the neuromotor apparatus in *Euplotes* by the method of microdissection. (Univ. of Calif public. in zool. Vol. 19, 1920.)

Diese Arbeit schließt an die vorhergehend referierte unmittelbar an. Zunächst vervollständigt Verf. die morphologischen Befunde YOCOM'S: Unter jedem Cirrus liegt dicht unter der Basalkornplatte eine rechteckige Plasmaverdichtung, die das Ende der von YOCOM beschriebenen Fibrillen darstellt; ebenso liegt eine Reihe solcher Rechtecke unter der Peristommembranelle, die mit der Peristomfibrille in Verbindung stehen. Versucht man die Fibrillen zu isolieren, so erweisen sie sich als ziemlich biegsam, nicht elastisch (solange jedoch das Ectoplasma nicht völlig aufgelöst ist, sind sie elastisch!); die rechteckige Endplatte ist mit der Basis der Cirri ziemlich fest verbunden. Die Pellicula ist sehr steif und elastisch. Die Bewegung wird genau analysiert; es können 6 verschiedene Manöver ausgeführt werden. Mit Hilfe des „Barber microdissection apparatus“ sucht Verf. an Hand von Durchschneidungsversuchen die nervös leitende Funktion des „neuromotor system“ zu beweisen. 1. Durchschneidet man das Ciliat an irgendeiner Stelle, ohne einen Teil des „neuromotor system“ zu verletzen, so wird die Bewegung in keiner Weise alteriert, auch die

normale Gestalt wird beibehalten. 2. Durchschneidet man die Peristomfibrille (und damit auch die Membranelle), so bewegen sich die rechts und links vom Schnitt gelegenen Membranellenteile in verschiedener Weise. 3. Zerstört man das „motorium“ oder durchschneidet man die zu den Analcirren führenden Fibrillen an irgendeiner Stelle, so wird die Koordination der Cirrenbewegung mit der der Membranellen aufgehoben. 5. Isolierte Cirren oder Membranellen behalten ihre Beweglichkeit auf kurze Zeit. Verf. hält durch diese Resultate die von KOFOID postulierte Funktion des „neuromotor system“ bei Ciliaten für erwiesen und weist besonders darauf hin, daß keine Anhaltspunkte für eine stützende oder sonst wie mechanische Funktion vorliegen (? Eine Kritik der KOFOIDschen Ansichten und dieser Arbeit habe ich bereits in meiner im 3. Heft des vorigen Bandes dieser Zeitschrift erschienenen Arbeit gegeben. D. Ref.)

KARL BĚLAŘ.

E. Chatton u. C. Pérard: Les *Nicollellidae*, infusoires intestinaux des Gondis et des Damans. Et le „cycle evolutif“ des ciliés. (Bull. biol. de la france et de la Belgique, T. LV, 1921.)

Nicollella ctenodactyli (n. g. n. sp.) und *Collinella gundii* (n. g. n. sp.) sind parasitische holotriche Ciliaten aus dem afrikanischen Nager *Ctenodactylus gundi*. Sie kommen bei 60—80 Proz. der Tiere vor und halten sich im Blind- und Dickdarm auf. 1. *Nicollella ct.* erreicht eine Länge von 550 μ und eine Dicke von 150 μ, die untere Grenze ist $70 \times 40\ \mu$. Die Gestalt der großen Individuen ist langgestreckt rund-keilförmig, das dickere Vorderende zeigt eine starke Ectoplasmaverdickung (die Grenze zwischen Ecto- und Entoplasma wird durch eine Lage ringförmiger „Myoneme“ gekennzeichnet); von da läuft eine enge Rinne bis zur Grenze zwischen erstem und zweitem Drittel des Körpers und endigt dort mit dem Cytostom. Am Hinterende liegt die kontraktile Vakuole, ihr Porus ist von zwei wulstigen Lippen umgeben. Macro- und Micronucleus liegen, dicht aneinandergelagert, in Einzahl im vorderen Drittel des Körpers. Bewimperung holotrich; deutliche Geißelwurzeln zwischen Basalkorn und Myonemschichte (Rhizoplaste) an den die Cytostomrinne begrenzenden Lippen. Nahrung geformt. Teilung fast unbekannt. Conjugation wurde nur bei Formen unter 100 μ Länge beobachtet; sie verläuft bis zur Karyogamie nach dem *Paramaecium*-Typus. Das Synkaryon teilt sich in vier Kerne, von denen einer zum Micronucleus wird, zwei die Macronucleusplacenten liefern und der vierte degeneriert. Die Macronucleusplacenten verschmelzen miteinander im Exconjuganten. Cysten unbekannt. 2. *Collinella g.* Länge 90—600 μ, Dicke 50—100 μ. Form langgestreckt, walzenförmig. Die Ectoplasmaverdickung des Vorderendes begleitet die präorale Rinne bis zum Hinterende. Cytostom terminal am Hinterende gelegen. Kontraktile Vakuole subterminal auf der Dorsalseite gelegen, Porus ohne Lippen. Macronucleus langgestreckt walzenförmig, Micronucleus dicht anliegend, beide ohne fixe Lage. Bewimperung, Wimperwurzeln und Myonemschicht genau wie bei *Nicollella*. Nahrung ebenfalls geformt, aber aus weit kleineren Partikeln bestehend als bei *Nicollella*. Teilung. Zuerst teilt sich der Micronucleus, dessen

Teilhälften an die Pole des Macronucleus treten, dann teilt sich der Macronucleus synchron mit der Zellteilung. Letztere schneidet zunächst zwischen erster und zweiter Hälfte des Körpers als transversale Furche dorsal ein, biegt dann lateral beiderseits nach hinten um und verläuft bis zur Grenze zwischen Cytostom und kontraktiler Vakuole. Es resultieren also zwei ungleiche Tochtertiere; das größere übernimmt präorale Rinne und Cytostom des Muttertieres und bildet eine neue kontraktile Vakuole aus, das kleinere übernimmt die kontraktile Vakuole und muß Vorderende und Cytostomapparat an der Trennungsebene (richtiger: -leiste) neu bilden. Es scheint, daß dieses kleinere Tochtertier den Längenverlust nicht wieder einholt und sich rascher teilt, als das „Vordertier". Conjugation wurde nur bei Formen unter 350 μ Länge beobachtet, sie verläuft genau wie bei *Nicollella*. Anschließend werden die aus der Literatur bekannten Fälle von Placentenverschmelzung aufgezählt. Ferner (wie auch bei *Nicollella*) die bei der Conjugation vorkommenden Anomalien kurz erwähnt. Bei Formen unter 250 μ Länge wurde nie Conjugation beobachtet. Cysten unbekannt. 3. Ökologie. *Collinella* bewohnt den Blinddarm und den Dickdarm bis zur Zone der Kotballenbildung, *Nicollella* nur den Dickdarm in derselben Ausdehnung. Die großen Formen beider Ciliaten finden sich nur in den oralwärts gelegenen Zonen und machen analwärts den kleinen Platz. Die Parasiten zeigen geringe Beweglichkeit und sind meist in engem Kontakt mit dem Darmepithel und zwar stets mit dem Vorderende diesem zugekehrt, oft auch etwas eingesenkt. 4. *Pycnothrix* aus *Procavia brucei*, nur nach fixiertem Material studiert. Diese Form scheint identisch zu sein mit *P. monocystoides* SCHUBOTZ. Die Verff. bestätigen im allgemeinen die Befunde dieses Autors bis auf die Lage der Längsfurchen. Der feinere Bau ist wie bei *Collinella* und *Nicollella*: Cilien, Wimperwurzeln, Myonemschicht; letztere ist mächtig entwickelt. Die Ectoplasmaverdickung erstreckt sich bei *Pycnothrix* über den ganzen Körper. Die von SCHUBOTZ beschriebenen beiden lateralen Rinnen sind in Wirklichkeit eine einzige, die am Vorderende ventral subterminal beginnt, abwärts läuft, über das Hinterende hinwegzieht und dorsal wieder emporsteigt, um am Vorderende wieder subterminal zu endigen. Diese Rinne besitzt in ihrem ganzen Verlauf zahlreiche Cytostome. Teilung und Conjugation unbekannt. 5. Die Verff. bringen die drei beschriebenen Ciliaten in eine morphologische Reihe, in der die Tendenz, das Cytostom immer mehr nach hinten zu verlagern, zum Ausdruck kommt. Bei *Pycnothrix* ist hierin der Superlativ zu erblicken, die Doppelfurche ist als präorale Rinne zu betrachten, die über das Hinterende hinweg wieder nach vorne umbiegt. Die Verff. stellen an den Ausgang dieser Reihe eine *Prorodon* ähnliche hypothetische Form mit terminalem Cytostom. Die Ausdehnung der Präoralfurche wird aus ökologischen Gesichtspunkten: Vergrößerung der Nahrungsaufnahme der Fläche erklärt. Hierbei wird auf die völlige Übereinstimmung in der Lebens- und Ernährungsweise der beiden Wirte: *Ctenodactylus* und *Procavia* Gewicht gelegt. Die eigenartige Zellteilung bei *Collinella* ist mechanisch zu verstehen: Wiederstand der die Präoralfurche begleitenden Ectoplasmaverdickung. 6. Anläßlich der Frage, ob diese Ciliaten eine regelmäßige zyklische Abfolge von großen, vegetativ sich vermehrenden Formen und

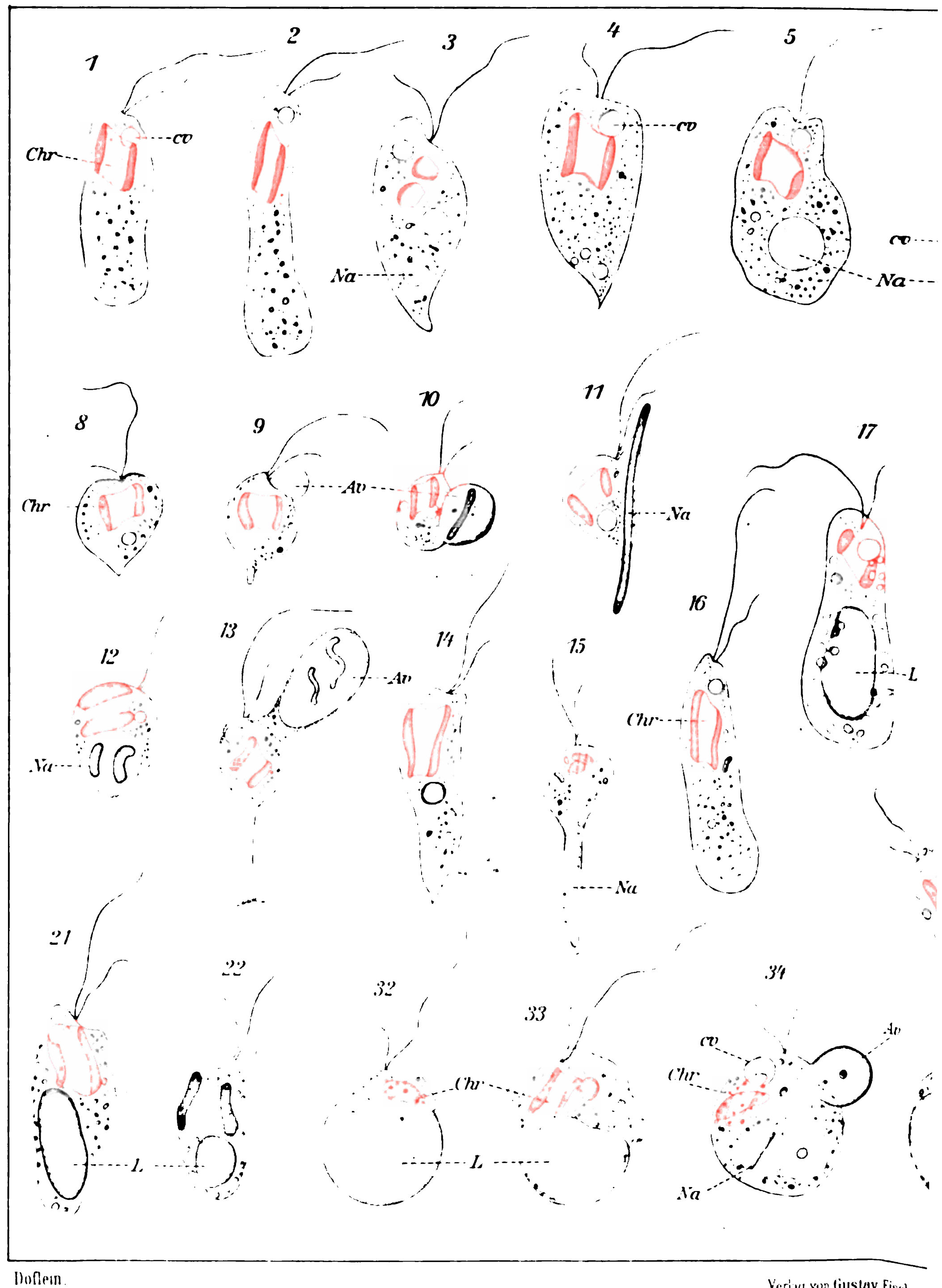
kleinen, konjugierenden, besitzen, geben die Verff. eine kurze erschöpfende Übersicht über den gegenwärtigen Stand der Frage: ist bei Ciliaten die Rhythmik des Formwechsels innerlich bedingt oder nicht? unter Berücksichtigung sämtlicher experimentellen Arbeiten. Die Verff. neigen dazu, die Frage verneinend zu beantworten, verhalten sich jedoch abwartend. Der Darminhalt eines Säugetiers zeigt so viele regelmäßige Änderungen, daß die Parallele mit den verschiedenen Entwicklungsstadien der Ciliaten zu denken gibt. 7. Schließlich werden die Anpassungserscheinungen dieser Ciliatengruppe phylogenetisch betrachtet und ihr im System ein Platz bei den Holotrichen angewiesen. KARL BĚLAŘ.

J. Spek: Der Einfluß der Salze auf die Plasmakolloide von *Actinosphaerium Eichhorni.* (Acta Zoologica, 1921.)

Verf. untersucht die Einwirkung von Alkalisalzen auf die in einer konstanten Kulturflüssigkeit (300 ccm aq. dest., 1,5 ccm NaCl 0,3 mol., 0,6 ccm $CaCl_2$ 0,3 mol., 0,1 ccm KCl 0,3 mol., 2,0 ccm $NaHCO_3$ 0,3 mol.) befindlichen Heliozoen. Die Veränderungen die im Plasma bewirkt werden, beschränken sich (bei physiologischen Konzentrationen der der Kulturflüssigkeit außer dem zugefügten Salzlösungen (0,3 mol.): bis zu 8,5 ccm auf 100 ccm Kulturflüssigkeit) auf reversible Fällungserscheinungen, die sich als $\pm$ deutliche Braunfärbung manifestieren und Erhöhung der Oberflächenspannung der Vakuolenwände. Je stärker das Fällungsvermögen eines Salzes ist, desto schwerer dringt es in die Zelle ein, daher macht sich bei schwach fällenden Salzen eine gleichmäßige Trübung (Bräunung) des gesamten Protoplasmas bemerkbar, bei stark fällenden nur an Stelle, wo durch Reißen einer durch das Salz impermeabel gewordenen Vakuolenwand dem Salz der Eintritt im Plasma gestattet wird; auch in diesem Fall bleibt die Bräunung meist auf die Einbruchsstelle beschränkt. Dieser letztere Fall wird als Stütze der Wabentheorie betrachtet, noch der ja verschiedene chemisch physikalische Prozesse bei strenger Lokalisierung dicht nebeneinander stattfinden können. Eine weitere Folgeerscheinung ist die, daß „um so höhere Konzentrationen eines Salzes vertragen werden, je schwerer das betr. Salz eindringt.“ Das Fällungsvermögen der Kationen steigt in folgender Reihe an: K $<$ Na $<$ Li $<$ Ca. Die Oberflächenspannungserhöhung der Vakuolenwände wird hauptsächlich durch starke Konzentrationen der Sulfate bewirkt, ist aber auch bei Chloridzusätzen zu beobachten. Sie äußert sich als Abkugelung der Ectoplasmavakuolen, die nach und nach zerplatzen, eine Folge der zunehmenden Wandkontraktion bei gleichbleibendem Vakuolenvolumen. Der Prozeß greift weiter auch auf das Entoplasma über und führt zum Tod der Actinosphärien. Außerdem wandelt sich der plasmatische Überzug der Achsenfäden in Tröpfchen um. Bei dem stark fällenden Li_2SO_4 treten diese Erscheinungen, infolge der Hemmung der Permeabilität gar nicht auf. Die Reihe dieser Wirkung ist: K $<$ Na $<$ Mg $<$ Ca. Reine Salzlösungen (also ohne gleichzeitiger Verwendung von Kulturflüssigkeit) wirken immer viel stärker, als ein erhöhter Zusatz des betr. Salzes zur Kulturflüssigkeit; also immer tödlich. Diese Wirkung kann jedoch durch Zusatz eines anderen Salzes völlig aufgehoben, die

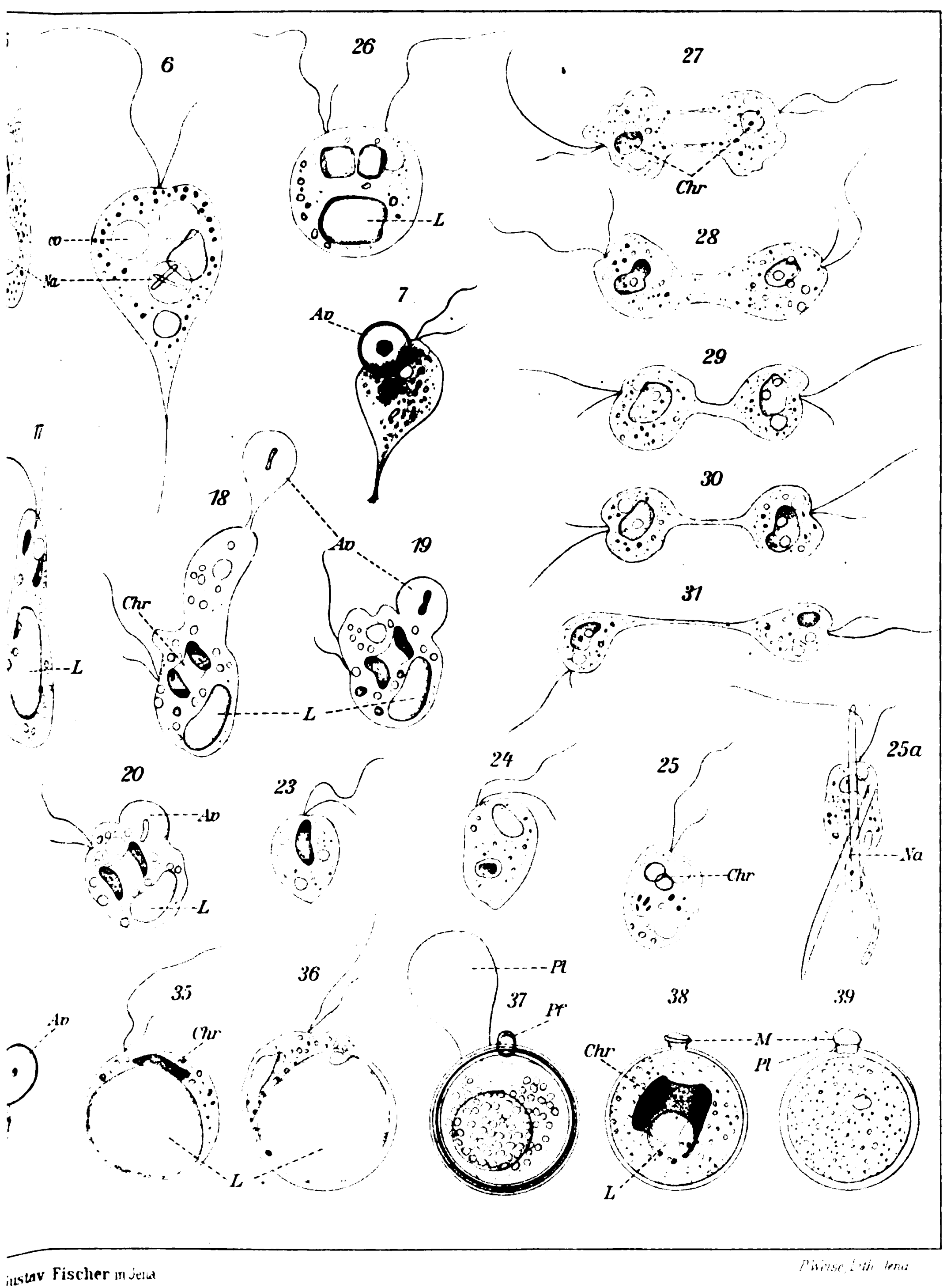
Salzlösung also „entgiftet" werden. Diese „antgaonistische" Wirkung verschiedener Salze erklärt sich durch Fällungssteigerung (= Permeabilitätsverminderung) des einen Salzes durch das andere, die beiden den Eintritt in die Zelle verwehrt. Solche Wirkungen wurden zwischen den Paaren: NaCl — $NaHCO_3$, $CaCl_2$ — $NaHCO_3$, NaCl — $CaCl_2$ immer beobachtet. Beim Übersteigen einer gewissen Konzentration hört die antagonistische Wirkung der Salzmischung auf, offenbar, weil die Fällung der Membrankolloide nunmehr anderer Art, vielleicht zu groß ist, so daß die Salze in die Zelle eindringen können. Änderungen im Quellungszustande, Wasseraufnahme oder -abgabe waren überhaupt nicht nachzuweisen.

Karl Bělař.



Doflein.

Verlag von Gustav Fischer.

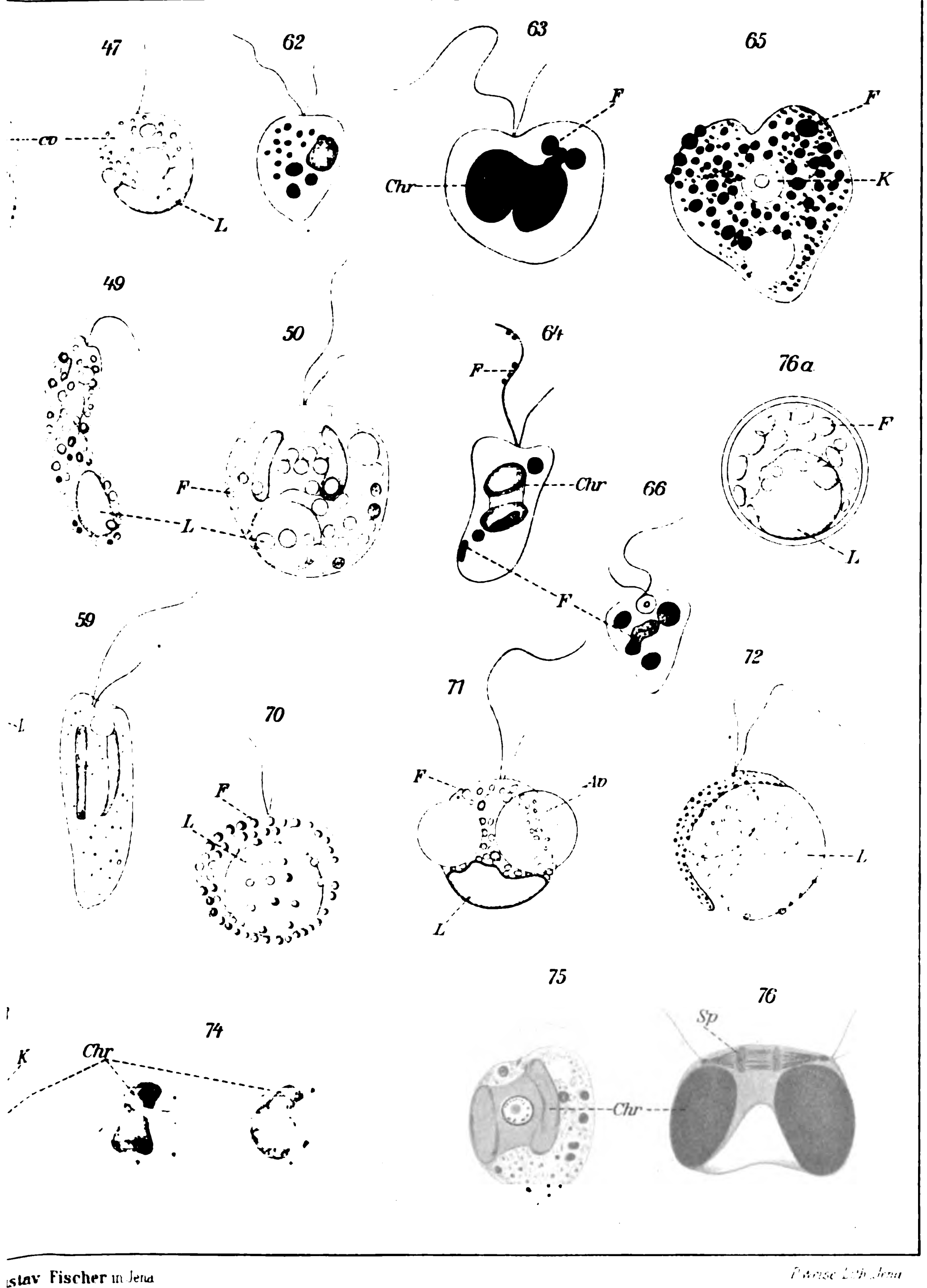


Gustav Fischer in Jena
P. Weise, Lith. Jena

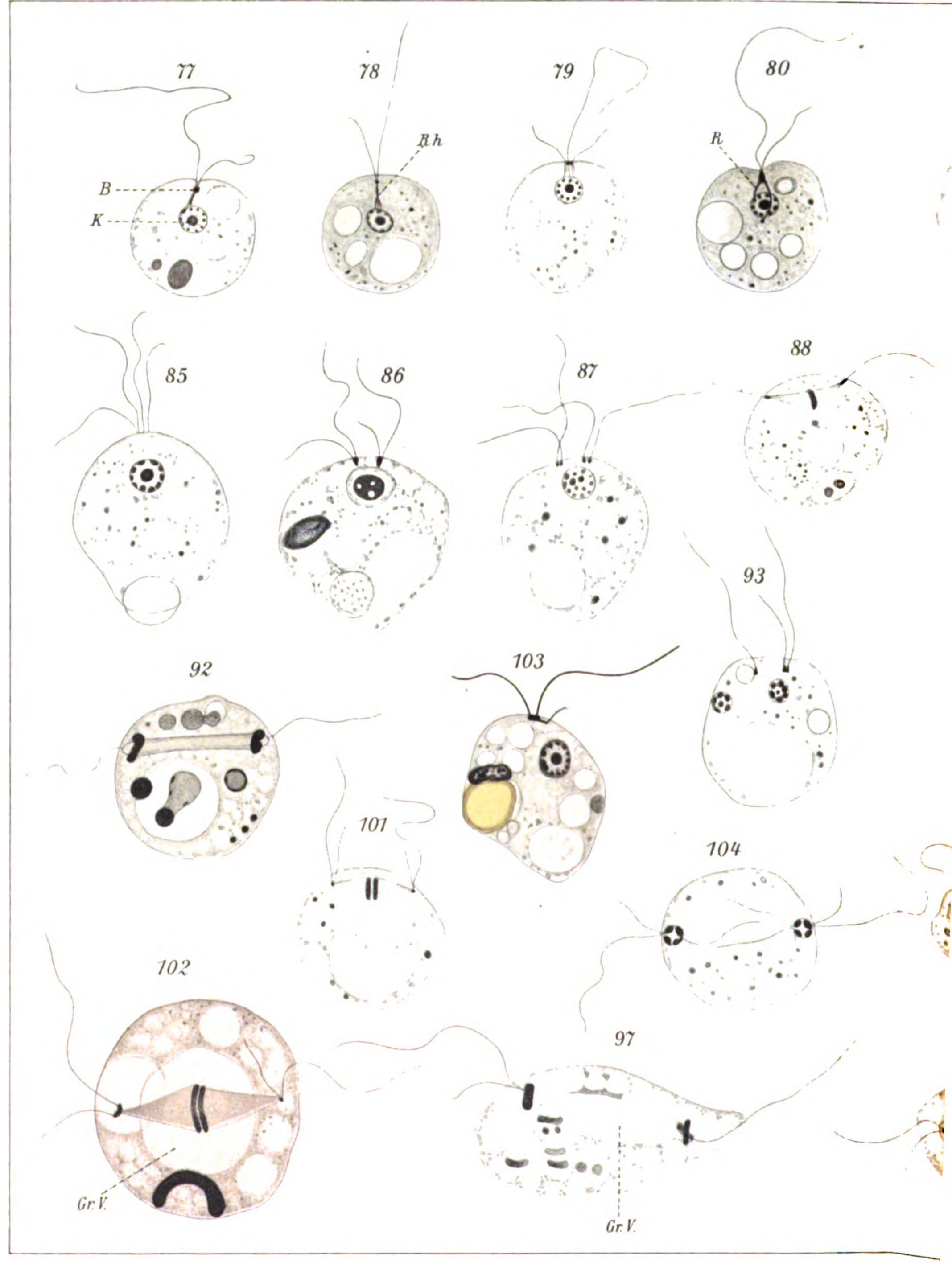


Doflein.

Verlag von Gustav Fischer

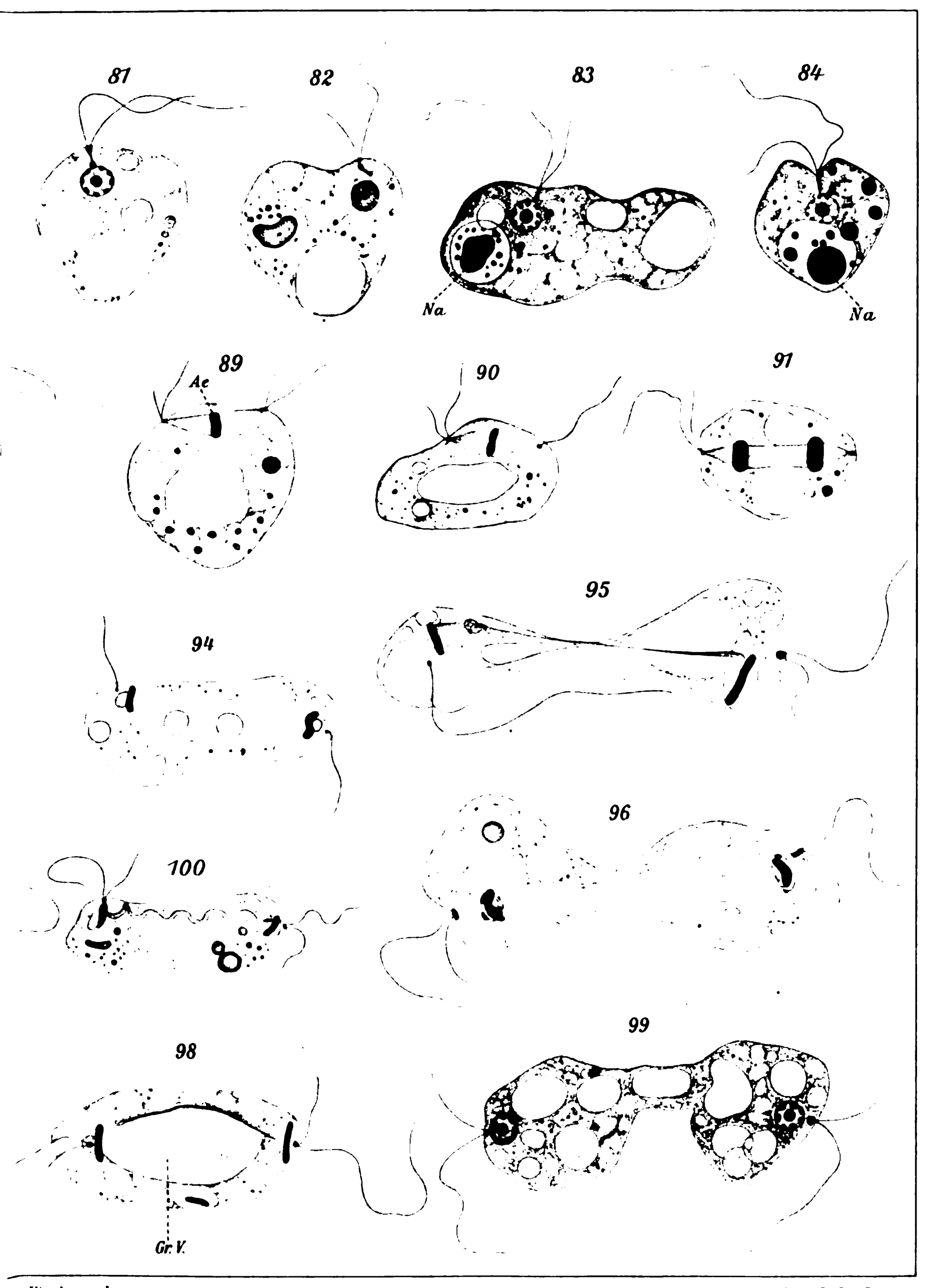


stav Fischer in Jena

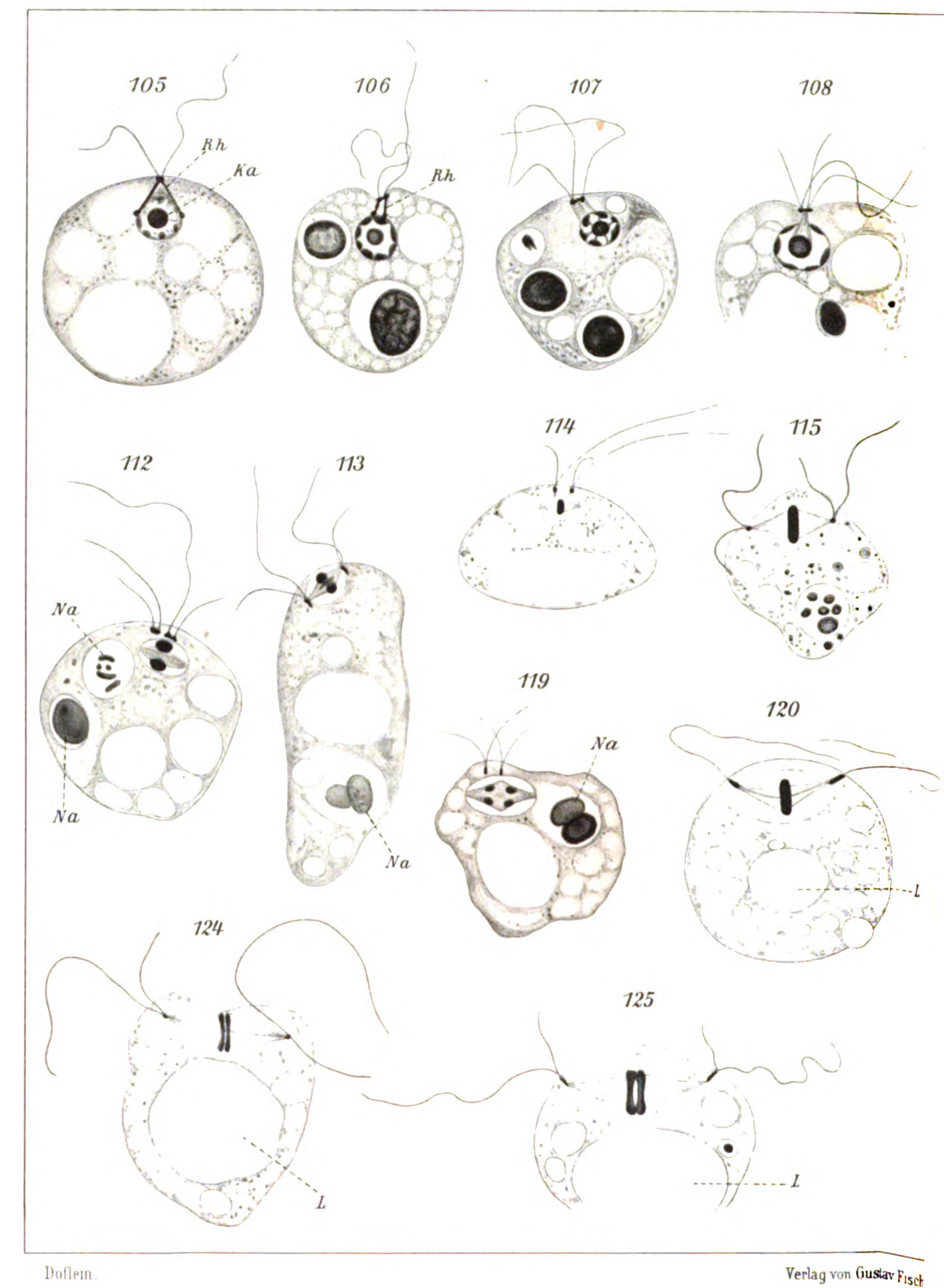


Doflein.

Verlag von Gustav Fischer

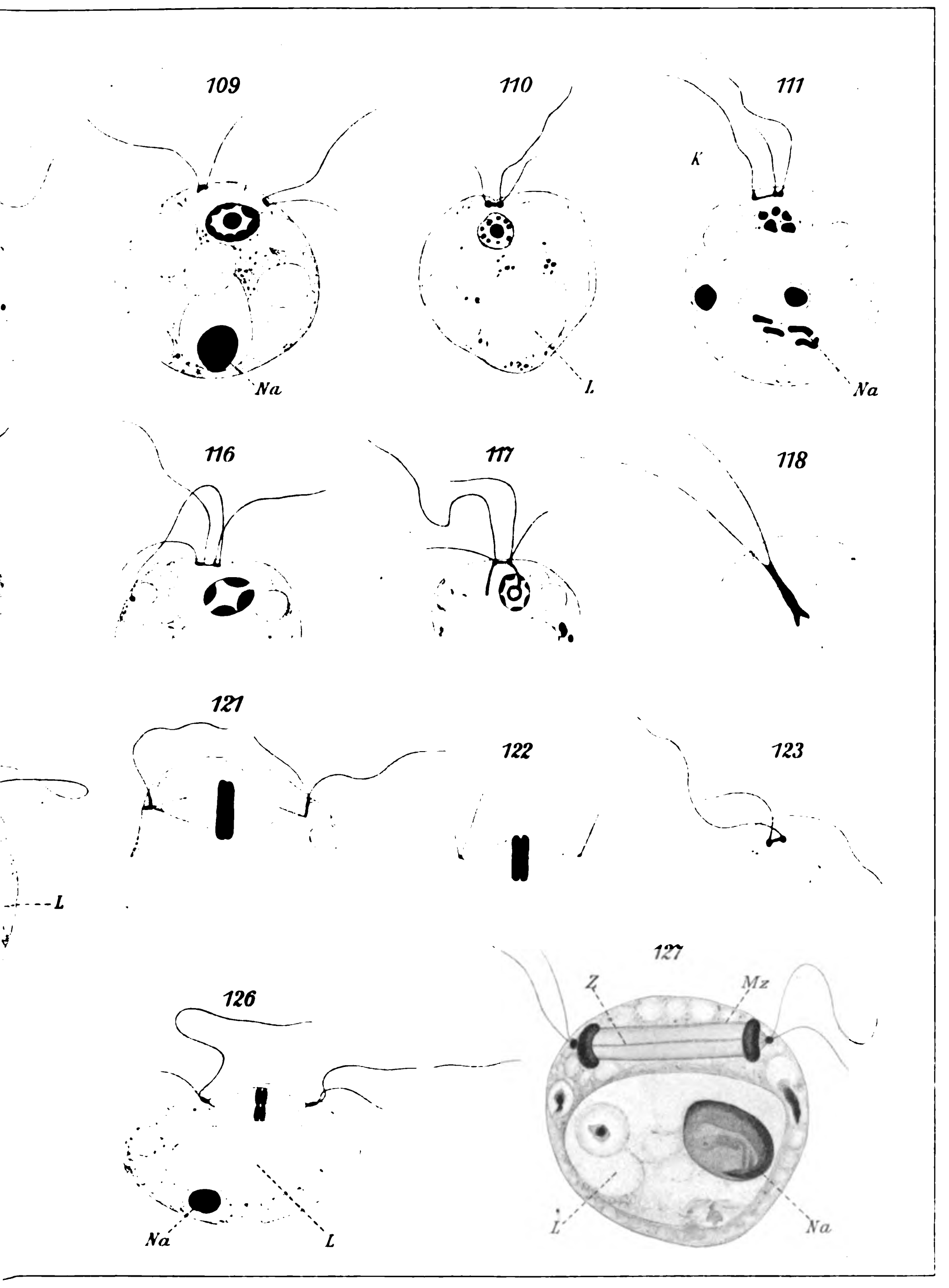


tav Fischer in Jena.
P. Weise, Lith. Jena

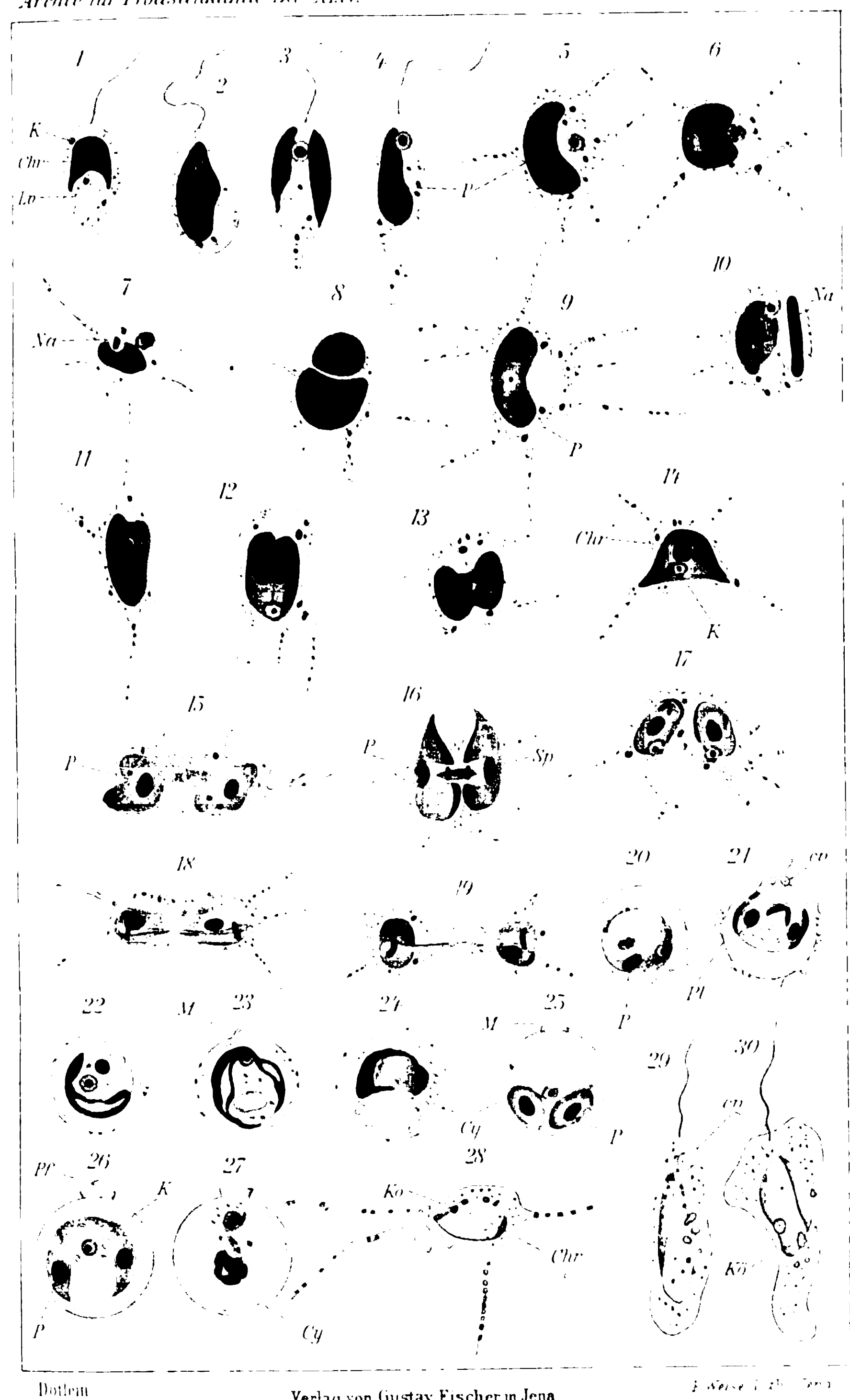


Doflein.

Verlag von Gustav Fisch

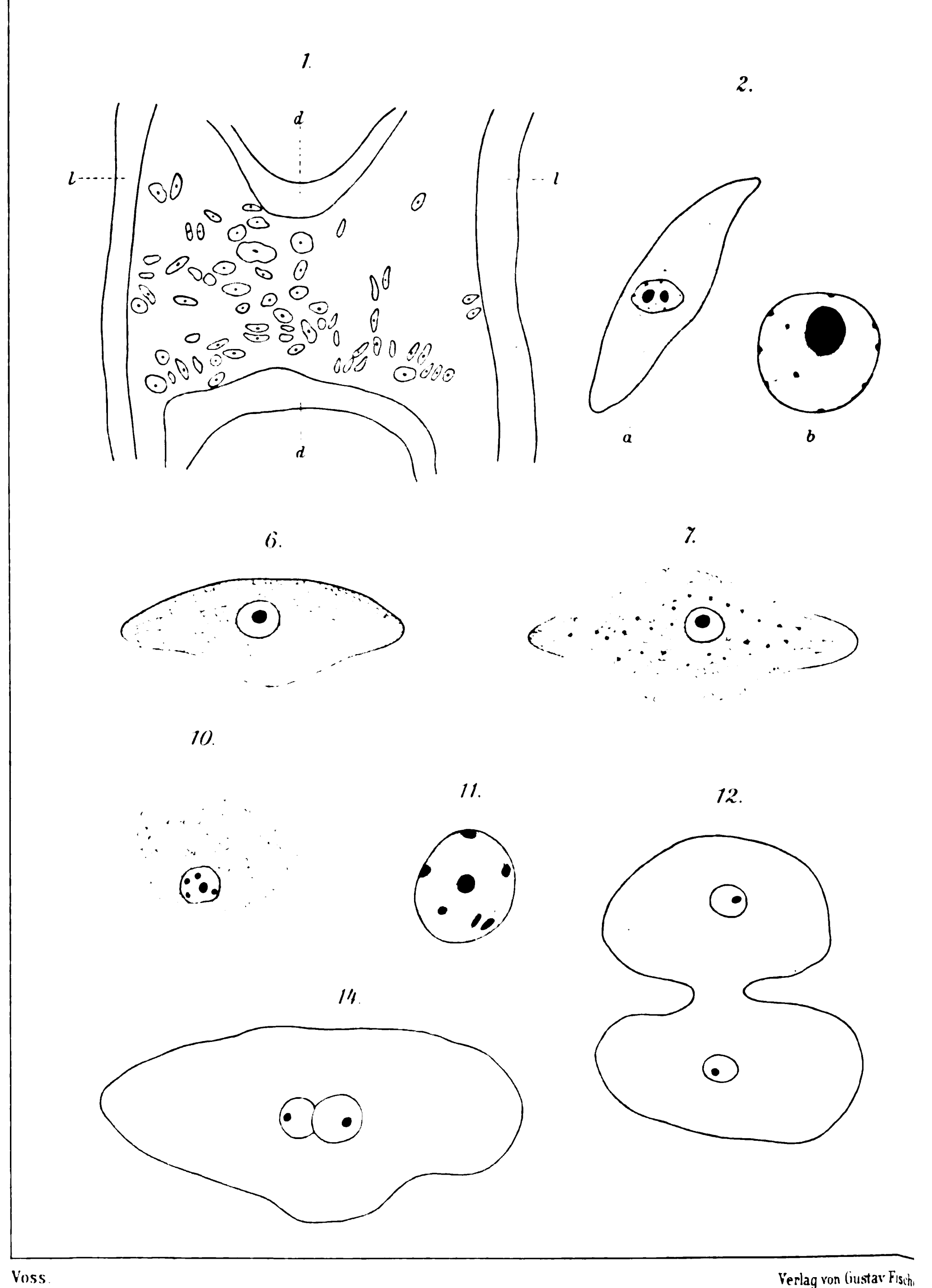


[G]ustav Fischer in Jena.
P. Weise, Lith. Jena.

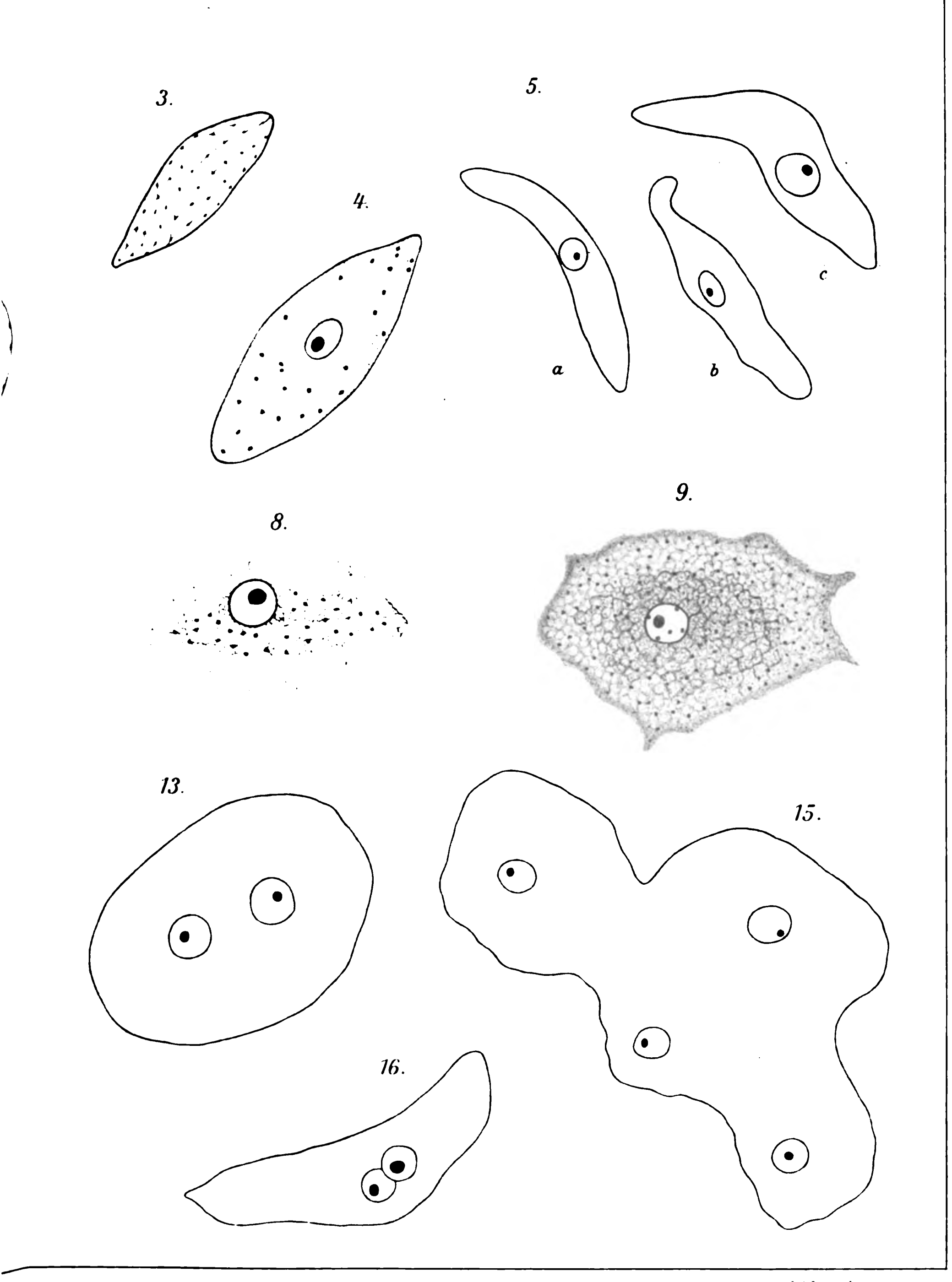


Doflein

Verlag von Gustav Fischer in Jena



Verlag von Gustav Fisch



...tav Fischer in Jena

(Mitteilung aus dem Zoologischen Institut der Universität Breslau.)

Untersuchungen über *Opalina*.

Von
Stefan Konsuloff,
Privatdozent der Zoologie an der Universität Sofia.

(Hierzu Tafel 12 u. 13 und 6 Textfiguren.)

Inhaltsübersicht.

Einleitung.

Unter den Infusorien stellen die Opalinen ein Untersuchungsobjekt dar, das von vielen Autoren in Angriff genommen worden ist. Nächst den Angaben der älteren Forscher finden wir die Beobachtungen von Engelmann (10), der schon im Jahre 1876 die Entwicklungsstadien der Opalinen in den Kaulquappen gefunden hat. 1877 gibt uns Zeller (52) eine sehr genaue Arbeit über den Bau und die Entwicklung der meisten Opalinen, die die Basis unserer Kenntnisse über diese Tiere darstellt. Die späteren Untersuchungen von Tönniges (49), Kunstler und Gineste, Maier (32), Löwenthal (30, 31) Léger und Dubosq (27), Schneider (44) u. a. trugen viel zur Klärung der Körperstruktur der Opalinen bei. 1906 gelang es Neresheimer (38) Gametenbildung und Kopolation auch hier nachzuweisen, was von Metcalf (35) später bestätigt wurde, der sehr eingehende cytologische Untersuchungen über die Opalinen gemacht hat. Mehrere Autoren, wie Entz (11), Verworn (51), Wallengren (53) u. a. erforschten die Reizbarkeit der Opalinen. Pütter (43) machte Versuche über die anaerobe Atmung; diesem Forscher gelang es zum erstenmal, die Opalinen außerhalb des Wirtes längere Zeit lebend zu erhalten.

Trotz aller dieser Arbeiten über die Opalinen, blieben noch viele ungeklärte oder sehr bestrittene Fragen über ihre Struktur und Biologie übrig. Über die Frage nach der Beschaffenheit der Pellicula in Zusammenhang mit der Bewegung der Tiere, wie auch über die Frage nach dem Körpergerüst waren die Forscher nicht einig. Die Struktur des Ectoplasmas war sehr verschieden beschrieben und über die Rolle der dort befindlichen Vakuolen war

nichts bekannt. Die Deutung der Ectoplasmaeinschlüsse blieb noch ganz ungeklärt und die Kerne wurden einmal als Macro-, ein anderes Mal als Micronuclei, von wieder anderen Forschern für beides gehalten. Der Behauptung, daß bei den Opalinen Isogamie vorkommt, stellen andere Autoren ihre Beobachtungen über die Anisogamie dieser Tiere gegenüber. Die Bedeutung und der Prozeß der Chromidienausscheidung, die hier so oft beobachtet wird, wird auch umstritten. Die Encystierung der Opalinen ist noch sehr ungenügend erforscht. Der Entwicklungskreis ist auch nicht vollkommen geklärt. Über die systematische Stellung dieser Protozoen streitet man auch. Auf alle diese noch nicht genügend klaren Seiten unserer Kenntnis der Opalinen Licht zu werfen, ist der Zweck meiner Untersuchungen.

Ich erfülle eine angenehme Pflicht, indem ich meinem Lehrer, Herrn Geh. Rat Prof. Dr. Fr. Doflein, in dessen Institut ich diese Arbeit ausführen konnte, für seine vielen wertvollen Anregungen und das stets hilfsbereite Interesse, mit dem er am Fortschreiten der Arbeit teilnahm, meinen aufrichtigsten Dank ausspreche.

Methoden.

Zur Beobachtung in vivo benutzte ich hauptsächlich Material von *Opalina ranarum* und *Op. dimidiata*. Die Tiere ließ ich nie im Wasser, wo sie sich ändern und bald sterben, sondern setzte sie in die Pütter'sche Flüssigkeit (s. u.), die ich auch zur Züchtung der Opalinen verwendete. Dort leben die Tiere sehr lange Zeit ganz normal. Da die Opalinen in der Natur fast anaerob leben, wurde die Flüssigkeit vor dem Gebrauch immer aufgekocht und abgekühlt.

Op. dimidiata war ein sehr günstiges Objekt zur Beobachtung der Macronuclei und des Körpergerüstes. Zum Vergleich der Vitalfärbung wurden außer den genannten Arten auch *Op. intestinalis* und *Op. caudata* benutzt. Die Bewegungen der Tiere wurden bei *Op. ranarum*, *Op. dimidiata* und *Op. intestinalis* verfolgt. Die Versuche über die Taxien machte ich an *Op. ranarum* und *Op. dimidiata*.

Die Opalinen aus den Kaulquappen wurden auch in Pütter'scher Flüssigkeit untersucht. Dort befinden sie sich wohl und die Gametenbildung und Copulation ist in diesem Medium sehr deutlich zu verfolgen.

Zur Fixierung verwendete ich hauptsächlich Sublimateisessig, Schaudinn'sche Mischung, Pikrinessigsäure und Flemming's starke Lösung. Die besten Resultate bekam ich mit der Flemming'schen Lösung und dem Sublimateisessig. Diese Fixiermittel aber waren

nicht sehr geeignet zur Fixierung der Cysten, wo ich mit besserem Erfolg Pikrinessigsäure benutzte.

Zur Färbung in toto gebrauchte ich Borax-Carmin und Hämatoxylin nach Delafield. Das letztere gab mir immer bessere Resultate. Ich färbte meistens mit außerordentlich verdünnten Lösungen, wobei ich später gar nicht oder ganz leicht mit Salzsäure differenzierte (ein Tropfen konzentrierte Salzsäure auf eine Petri-Schale destilliertes Wasser). Die Färbung mit schwach verdünnter oder ganz konzentrierter Lösung von Hämatoxylin nach Delafield mit nachträglicher langer Differenzierung habe ich auch oft benutzt. Die Resultate aber mit stark verdünnten Lösungen halte ich für besser.

Ausstrichpräparate von Opalinen, besonders aus dem Kaulquappendarm, wurden oft mit Erfolg gemacht. Mit der Masse von Frosch- oder Kaulquappendarm wird das Gläschen dünn bestrichen und kurze Zeit danach, bevor das Präparat ganz eintrocknet, die Flüssigkeit aufmerksam daraufgegossen.

Zu den meisten cytologischen Beobachtungen aber sind Schnitte erforderlich. Das Einbetten machte ich nach dem Verfahren von Maier in kleinen, 1—2 cm langen und 2—3 cm breiten Glasröhrchen (32).

Zur Färbung der Schnitte verwendete ich wiederum mit besserem Erfolg sehr stark verdünnte Lösungen von Hämatoxylin nach Delafield, als stärkere Lösungen derselben Farbe. Zur Beobachtung der Kernstrukturen aber färbte ich mit Eisenhämatoxylin nach Haidenhain oder noch besser mit alkoholischem Hämatoxylin nach Doflein (1 Têil 4 proz. wässerige Hämatoxylinlösung mit 10 Teilen 70 proz. Alkohol verdünnt; 1 Teil $2^1/_2$ proz. Eisenalaunlösung mit 10 Teilen 50 proz. Alkohol verdünnt. Beizung und Färbung ungefähr je 20 Minuten). Die besten Resultate bekam ich mit der Färbung nach Doflein aber mit außerordentlich verdünnten Lösungen (die Farblösung nach Doflein noch 8—10 mal verdünnt), worin ich die Schnitte einige Stunden (bis 24 Stunden) liegen ließ. Nach der Differenzierung färbte ich mit alkoholischem Eosin nach. Diese Gegenfärbung gab mir die Möglichkeit, die Teilung der Macronuclei, die Struktur der Pellicula, wie auch das Körpergerüst deutlich zu beobachten.

Züchtung der Opalinen.

In reinem Wasser leben gewöhnlich die Opalinen nur einige Stunden. Wenn man zu dem Wasser Darminhalt zusetzt, kann man

sie etwas länger am Leben erhalten, doch können sie auch in solchem Medium nicht gezüchtet werden.

Die Opalinen leben aus zwei Gründen nicht in reinem Wasser. Einerseits ist der osmotische Druck des reinen Wassers ihnen nicht günstig; andererseits vertragen sie die im Wasser aufgelöste Luft nicht, da sie in der Natur in einer beinahe sauerstofffreien Umgebung leben, und sich fast wie anaërobe Parasiten verhalten. Mit verschiedenen Salzen kann man eine passende Zusammensetzung der Flüssigkeit erzielen, worin die Opalinen gut gedeihen. Am besten ist die Flüssigkeit nach PÜTTER (43), der folgende Lösung empfiehlt:

Kochsalzlösung	0,8 Proz.	100 Teile
Seignettesalz	30 „	5 „
destilliertes Wasser		400 „.

Dieser Forscher macht seine Versuche mit *Op. ranarum* in absolut sauerstofffreier Flüssigkeit, zu welchem Zweck er mittels spezieller Vorrichtungen auch die letzten Spuren von Sauerstoff vertreibt. Ohne Nahrung hat er die Opalinen 3—7 Tage am Leben erhalten; als er der Flüssigkeit gekochtes Eiweiß zusetzte, lebten die Opalinen 13—20 Tage.

Diese Flüssigkeit benutzte ich zur Züchtung der Opalinen. Ich gebrauchte aber keine speziellen Apparate, die ein absolut sauerstofffreies Medium sichern, da auch im Froschdarm das Medium nicht absolut sauerstofffrei ist. Es genügt vollständig, wenn die PÜTTER'sche Flüssigkeit gut aufgekocht und jeden Tag gewechselt wird. Wenn die Flüssigkeit viel Luft enthält, gehen die Kulturen bald ein. Einige Male setzte ich zwei Kulturen an: eine in aufgekochter Flüssigkeit, die andere in derselben Flüssigkeit, die ich aber mit der Pipette durchlüftet hatte. Nach 24—48 Stunden war die zweite Kultur schon abgestorben, die Kontrollkultur lebte ganz normal.

Die Tiere züchtete ich in kleinen, ca. 4 cm langen und 8 mm breiten Reagenzgläschen, deren untere Hälfte spitz ausgezogen war wie bei den Zentrifugalgläschen. Diese Form ist sehr bequem, weil sich die Tiere am Boden sammeln und man, besonders nach leichtem Zentrifugieren, fast die ganze Flüssigkeit wechseln kann, ohne Gefahr, die Tiere zu verlieren. Die Röhrchen waren mit Kork- oder Gummistöpsel luftdicht geschlossen. Wenn man Gummistöpsel verwendet, muß man aufpassen, daß die Flüssigkeit beim Zustopfen nicht gedrückt wird; das vermeidet man am leichtesten mit einer Nadel, die zwischen Glas und Gummistöpsel hineingeschoben und

nachher wieder herausgezogen wird. Ohne diese Vorsichtsmaßregeln können die Kulturen leicht eingehen: beim unvorsichtigen Zustopfen sterben die Opalinen gewöhnlich nach kurzer Zeit, manchmal nach 24 Stunden, ab.

Als Nahrung verwendete ich rohe oder abgekochte Froschdarmflüssigkeit und rohes oder abgekochtes Eiweiß. Mit abgekochter Pütter'scher Flüssigkeit wurde der Froschdarm durchspült und nach der Zentrifugierung die Flüssigkeit frisch den Tieren gegeben oder in kleinen Gläschen sterilisiert: jede Kultur bekam, nachdem die Flüssigkeit gewechselt worden war, einen Tropfen von diesem Nahrungsbouillon. Das steril abgenommene und in kleinen Serumgläschen aufbewahrte Eiweiß wurde vor dem Gebrauch mit Glaspulver fein zerrieben, mit Pütter'scher Lösung verdünnt und ziemlich stark zentrifugiert. Dabei entstand eine milchige Flüssigkeit, die sich oberhalb des Niederschlages sammelte; diese verwendete ich zur Fütterung der Opalinen. In einer ähnlichen Weise fand auch das gekochte Eiweiß Verwendung. Alle Kulturen wurden bei Zimmertemperatur im Dunkel gehalten.

Auf die beschriebene Weise kann man die Opalinenkultur lange Zeit erhalten. Eine am 11. Dezember 1920 angesetzte Kultur, die ich mit Froschdarmflüssigkeit fütterte, lebte bis zum 1. Februar 1921. Eine andere Kultur, die ich auch am 11. Dezember 1920 angesetzt hatte, die aber mit Eiweiß gefüttert wurde, habe ich 2 Monate (bis zum 10. Februar 1921) geführt und dann vernichtet, weil ich sie nicht mehr brauchte. Bei aufmerksamem Behandeln kann man also die Kulturen monatelang führen. Die Ursache, daß bei den Versuchen von Pütter die Opalinen nur 13—20 Tage lebten, erblicke ich darin, daß dieser Forscher die Flüssigkeit nicht gewechselt hat. Die Tiere sind infolge der eingetretenen Fäulnis abgestorben, was auch bei meinen Kulturen der Fall war, wenn ich absichtlich die Flüssigkeit mit der Nahrung einige Tage ungewechselt ließ.

Wenn die Opalinen sich in den Kulturen gut befanden, vermehrten sie sich gewöhnlich und keine Abnormitäten traten auf. In den meisten Fällen aber waren die Opalinen der Kulturen etwas kleiner als die im Froschdarm lebenden.

Untersuchte Arten.

Als Hauptuntersuchungsobjekt habe ich *Op. ranarum* benützt. Diese große Art kommt gewöhnlich in Mengen in *Rana temporaria*

vor, wo sie das ganze Jahr hindurch beobachtet werden kann. Wenn auch nicht alle, so war doch die Mehrzahl der untersuchten Frösche infiziert. Diese Opaline hat viele Micronuclei, die etwas kleiner als die der zweikernigen Arten sind, aber noch genügend groß zu cytologischen Zwecken. Ferner ist diese Art sehr geeignet zur Untersuchung der Myoneme, die hier stark entwickelt sind. Einen besonderen Vorteil bietet *Op. ranarum* dar, weil sie sich verhältnismäßig am leichtesten züchten läßt. Auch findet die Bildung von Infektionscysten noch im Frühjahr statt, so daß man diese Art zur Untersuchung der Geschlechtsvorgänge am frühesten im Jahr verwenden kann.

Op. dimidiata aus *Rana esculenta* läßt sich schwerer züchten, hat auch noch kleinere Micronuclei. Zur Untersuchung der Macronuclei und des Körpergerüstes dagegen ist sie sehr geeignet, wie auch zur Verfolgung der Bildung von Dauercysten. Die Opalinen aus *Bombinator*, nämlich *Op. intestinalis* und *Op. caudata* wurden von mir hauptsächlich als Vergleichsobjekte bei den Untersuchungen verwendet.

Opalina zelleri, Neresheimer.

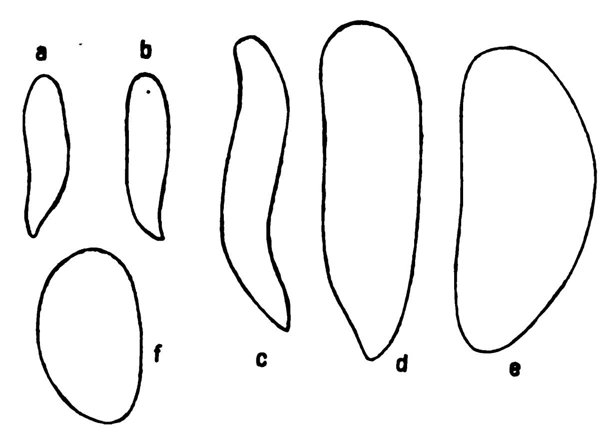
Unter den *Op. dimidiata* fand Zeller (52, p. 368) Individuen, die sehr kurz und dick waren und nicht wie gewöhnlich spindel-, sondern warzenförmig erschienen. Wenn solche Tiere etwas vom Deckglas gedrückt werden, können sie sogar gewisse Ähnlichkeit mit *Op. ranarum* bekommen. Zeller glaubt, daß wir hier nicht eine bloße Varietät von *Op. dimidiata* vor uns haben, sondern vielleicht eine besondere Art dieser Gattung. Ferner bemerkt derselbe Autor, daß die Fortpflanzung dieser Formen genau so wie bei den typischen *Op. dimidiata* vor sich geht.

Neresheimer (38, p. 5) hält diese Opaline für verschieden von *Op. dimidiata* und nennt sie *Op. zelleri*.

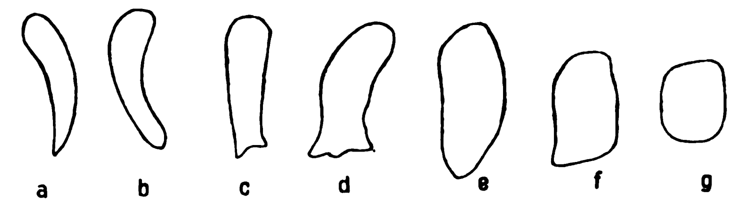
Metcalf (35, p. 317) hat zweimal dieselben Formen beobachtet und zwar immer mit *Op. dimidiata* zusammen, was auch Zeller schon festgestellt hatte. Er weist darauf hin, daß in der feinen mikroskopischen Struktur beider Arten kein Unterschied besteht. Und er scheint nicht ganz sicher zu sein, ob diese zwei Arten als solche genügend charakterisiert sind.

Op. zelleri habe ich auch beobachtet, immer mit *Op. dimidiata* zusammen. Eine nähere Untersuchung der in der Mehrzahl vorhandene *Op. dimidiata* ergab, daß viele Übergangsformen zwischen beiden Arten da waren, was aus den beigegebenen Figuren ersicht-

lich ist (Textfig. 1). Neben den gewöhnlichen spindelförmigen Individuen (a) findet man solche, deren Körper etwas mehr cylindrisch ist (b). Solche cylindrische Tiere, aber beträchtlich größer (c), bilden eine Zwischenstufe zu den großen walzenförmigen Individuen (d). Diese „*Op. zelleri*" sind manchmal nicht ganz cylindrisch, sondern in der Mitte erheblich dicker (e). Eine weitere Formänderung tritt ein, wenn die Längsachse stark verkürzt ist (f). Bei dieser Formenreihe war es schwer zu sagen, welche Individuen als *Op. dimidiata* und welche als *Op. zelleri* bezeichnet werden müßten. Es lag die Vermutung nahe, daß wir es hier nur mit verschiedenen Formen von *Op. dimidiata* und nicht mit verschiedenen Varietäten oder Arten zu tun haben. Die Entwicklungsbedingungen, die bei allen Froschindividuen nicht immer gleich sind, und vor allem die Ernährungsbedingungen halte ich für die Ursache dieser Erscheinung. Um das zu prüfen, untersuchte ich die Form der



Textfig. 1.
Übergang zwischen *Op. dimidiata* und *Op. zelleri* aus dem Darm von *R. esculenta*. (Leitz Obj. 3, Oc. 3.)



Textfig. 2.
Übergang zwischen *Op. dimidiata* und *Op. zelleri* aus Kulturen. (Leitz Obj. 3, Oc. 3.)

Tiere in manchen meiner Kulturen von *Op. dimidiata* und konnte das Erscheinen derselben Übergangsformen zwischen dem *Op. dimidiata*-Typus und *Op. zelleri*-Typus feststellen (Textfig. 2). Wie es gewöhnlich bei den Kulturen von Opalinen der Fall ist, waren diese Individuen etwas kleiner als jene, die in der Natur beobachtet werden.

Das Verhältnis aber der Länge zur Breite des Körpers war wie bei den oben beschriebenen zwei Arten; hier fand ich sogar das Verhältnis 1 : 1 (g), was ich bei den aus dem Froschdarm herausgenommenen Exemplaren nicht beobachtet habe. Es ist interessant zu bemerken, daß bei den *Op. dimidiata* von „*zelleri*"-Typus, die in den Kulturen entstanden, auch die Einstülpung des breiten Hinterrandes oft zu finden war (c, d) was Metcalf für ein charakteristisches Unterscheidungsmerkmal zwischen beiden Arten hält.

Die obigen Beobachtungen bringen mich zu der Überzeugung, daß die in Frage kommenden plumpen *Op. dimidiata*-Formen weder eine besondere Art, noch eine Varietät, sondern wahrscheinlich nur Ernährungsformen von *Op. dimidiata* vorstellen. Leider kann ich vorläufig nicht etwas Näheres über den Einfluß der Ernährung auf die Körperformbildung angeben.

Abnormitäten.

In der Natur findet man nicht selten Abnormitäten von Opalinen. Besonders ist das der Fall während der Zeit der Infektionscystenbildung. Man beobachtet Tiere mit unregelmäßigen Konturen, mit Auswüchsen an verschiedenen Stellen, bei *Op. ranarum* auch Löcher hier und da am blattähnlichen Körper. Abnormitäten kommen auch bei der Gametenbildung vor, wie Neresheimer (38, p. 26) erwähnt.

Die Abnormitäten in der Natur zeigen, daß die Entwicklungsbedingungen und vor allem die Ernährungsbedingungen ungünstig sind. Dafür, daß darin eben die Ursache liegt, spricht auch die Tatsache, daß auch in den Kulturen Abnormitäten auftreten, wenn die Bedingungen ungünstig werden. In den Kulturen, denen keine Nahrung gegeben wird, erscheinen in den letzten Tagen vor dem Absterben sehr viele Abnormitäten. Und wenn es manchmal auch in den anderen Kulturen zu Abnormitätenbildungen kam, war das schon ein Zeichen dafür, daß solche Kulturen bald eingehen würden (Textfigur 3).

Textfig. 3. Abnormität bei *Op. dimidiata* in Kulturen. (Leitz Obj. 3, Oc. 3.)

Neresheimer zeigt in Fig. B (p. 26) eine Abnormität bei der Gametenbildung von *Op. dimidiata*, die Metcalf (35, p. 294) aber als

Anisogamie-Copulationsmoment betrachtet. Daß Neresheimer die Anisogamie der Opalinen nicht beobachtet hat und unrichtig von Isogamie spricht, darauf werde auch ich an einer anderen Stelle hinweisen. Daß aber solche Abnormitäten, wie sie Neresheimer abgebildet hat, wirklich auch bei der Gametenbildung vorkommen können, das kann ich bestätigen. Ich habe eine ganze Menge von Anisogamie-Copulationsmomenten bei *Op. ranarum* beobachtet; ich fand aber am zweiten Tag nach der Infektion der Kaulquappen mit Cysten, als noch keine fertige Macro- und Microgameten da waren, wie Neresheimer Abnormitäten (Taf. 13 Fig. 17).

Die Abnormitätenbildung bei den Opalinen muß also als eine Erscheinung betrachtet werden, die in allen Entwicklungsstadien, aber am meisten bei der Infektionscystenbildung eintreten kann.

v. Linden (29) hat in der Natur bei *Op. ranarum* (die er irrtümlicherweise als *Op. dimidiata* bezeichnet) viele Individuen mit fingerförmigen Auswüchsen beobachtet, die er für Tastorgane ansieht. Die Tatsache, daß man in den Kulturen mit schlechter Ernährung solche Formen erzeugen kann, zeigt uns deutlich, daß die Auffassung v. Linden nicht begründet ist.

Bau der Opalinen.

A. Pellicula.

Von verschiedenen Forschern wurde die Frage umstritten, ob bei den Opalinen die Pellicula mit Myonemen versehen ist.

Die Anwesenheit von Myonemen bei *Op. ranarum* wurde zuerst von Zeller (52, p. 354) angegeben. Er gibt die Beschreibung wie auch Abbildungen von „breiten muskulösen“ Fasern, die schräg verlaufen und den ganzen Körper bedecken. Nach Zeller sollen sie auch die eigentliche Pellicula ersetzen (die nach ihm fehlt), indem die dicht nebeneinander liegenden Faserräder als eine homogene Pellicula erscheinen können.

Maier (32, p. 80) gibt eine eingehende Beschreibung der Pellicula bei *Op. ranarum*. Nach seinen Beobachtungen ist sie ununterbrochen, hat Längsfurchen, aus denen die Cilien hinausragen. Zwischen diesen Längsfurchen befinden sich Zwischenräume, in denen wiederum 3—4 kleinere Längsfurchen sichtbar sind. Zwischen diesen bilden sich Längsleisten, die eine feine Querstreifung aufweisen. Es existieren keine „muskulöse Bänder“ im Sinne von Zeller; was Zeller als solche gedeutet hat, hält er für die Pellicula selbst. Metcalf (35, p. 211), der aber über *Op. ranarum* nicht

gearbeitet hat, teilt auch MAIER's Meinung, daß bei den Opalinen keine Myoneme vorhanden sind, und daß ZELLER als solche nur die Zwischenräume zwischen den Cilienreihen gedeutet hat.

Die Beobachtung über die Bewegungen der Opalinen, wobei sich verschiedene Körperteile in ganz bestimmter Weise biegen, zeigen uns, daß die Pellicula Myoneme besitzen muß. Die Präparate, die ich mit Eisenhämatoxylin nach DOFLEIN gefärbt und mit Eosin nachgefärbt hatte, gaben mir die Möglichkeit, den Bau der Pellicula näher zu studieren und die Anwesenheit der Myoneme festzustellen. Bei Flächenschnitten (Taf. 12 Fig. 1 b) sind die Längsfurchen sichtbar, in denen sich die Cilien befinden. Zwischen diesen Furchen sind 3—4 Myoneme erkennbar, die selbst nicht quer gestreift sind. So gestreift ist die Membran, die darunter liegt, so daß die Myoneme gestreift erscheinen, wenn man das Objektiv nicht genau einstellt (Fig. 1 a). Bei genauer Einstellung aber kann man zuerst die quergestreifte Membran (Fig. 1 c) und dann die ungestreiften Myoneme (Fig. 1 b) sehen, wenn man die Pellicula von der inneren Seite beobachtet. Sind die Myoneme erschlafft (Taf. 12 Fig. 2, 3), sehen sie in Querschnitt wie kleine Rippen und Furchen aus, wie sie auch MAIER richtig abgebildet hat (seine Taf. III, Fig. 1 c). Beim Zusammenziehen liegen die Myoneme zwischen zwei Furchen so dicht nebeneinander, daß sie wie ein einziges Bündel aussehen, indem die Scheidungsquerlinien die Zahl der Myoneme zeigen (Taf. 12 Fig. 4). In diesem Zustande rücken die Myonemengruppen auseinander, so daß der Zwischenraum zwischen ihnen, von wo die Cilien ausgehen, noch deutlicher wird. Diesen Zustand der Myoneme hat MAIER nicht beobachtet und deshalb hielt er die erschlafften Myoneme, die er sah, für die Pellicula selbst. Seine Zeichnung der Pellicula ist nur deshalb nicht ganz korrekt, weil er die „Längsleisten“, d. h. die Myoneme, und die darunter liegende quergestreifte Membran in einer Ebene darstellt. Im Vergleich zu den Myonemen anderer Infusorien weisen die Myoneme der Opalinen die Eigentümlichkeit auf, daß sie in Bündeln zu 3—4 gruppiert sind.

B. Ectoplasma.

Die Struktur des Ectoplasmas der Opalinen wird von verschiedenen Forscher verschieden angegeben, je nachdem, ob sie die Ectoplasmavakuolen beobachtet haben oder nicht. TÖNNIGES (49) hat diese Vakuolen bei *Op. ranarum* beschrieben und abgebildet, wobei er keine Einschlüsse in ihrem Innern erwähnt. Dagegen hat ZELLER auch bei *Op. ranarum* das Ectoplasma als „völlig homogen glashell“ ge-

sehen (54, p. 325). MAIER (32, p. 81) ist mit BÜTSCHLI (3, p. 1278) darüber einverstanden, daß das Corticalplasma bei dieser Art einen sehr feinwabigen, alveolären Bau besitzt. Er bemerkt, daß seine Untersuchungen gegen die Befunde von TÖNNIGES sprechen, der die Ectoplasmaschicht als grob vakuolär zeichnet. Nach MAIER ist „Corticalplasma stets ebenso feinwabig gebaut wie das Entoplasma und von diesem lediglich durch den Mangel an Inhaltskörpern unterschieden“ (S. 81). MAIER hat also keine Spur von den Ectoplasmavakuolen gesehen. NERESHEIMER fand in vielen Präparaten das Ectoplasma mit der von TÖNNIGES beschriebenen Struktur. Er nimmt aber an, daß das Ectoplasma solch ein Aussehen nur in den Stadien besitzt, die mit der Fortpflanzung in Zusammenhang stehen. METCALF (34, p. 113; 35, p. 213) schenkt besondere Aufmerksamkeit den Ectoplasmavakuolen und -kügelchen und gibt eine ausführliche Beschreibung derselben. Alle Schnitte von Opalinen, die er untersucht hat, enthielten solche Gebilde. Opalinen ohne Ectoplasmavakuolen und -kügelchen kennt er nicht und glaubt, daß MAIER solche nicht gesehen hat, weil er seine Präparate nur mit Eisenhämatoxylin färbte, das nach METCALF für das Ectoplasma kein befriedigendes Färbmittel ist. METCALF findet im Innern der Ectoplasmavakuolen stets feste Gebilde, die er Ectoplasmakügelchen („ectosarc spherules“) nennt, sie besitzen nach ihm keine besondere Struktur, mit Ausnahme einiger dunkler gefärbten Punkte an den Rändern. Er ist geneigt anzunehmen, daß die Kügelchen als eine flüssigere Substanz ursprünglich die ganze Vakuole ausgefüllt haben und infolge der Behandlung zusammengeschrumpft sind. Die Bedeutung der Ectoplasmavakuolen und -kügelchen ist METCALF nicht bekannt. Er weist aber darauf hin, daß sie kein Lecithin enthalten und daß sie andererseits in keinem Zusammenhang mit dem Excretionsapparat stehen können.

Die Ectoplasmavakuolen und -kügelchen habe ich in vivo wie auch an gefärbten Präparaten untersucht. Sie lassen sich mit Hämatoxylin nach DELAFIELD gut färben; am besten aber kann man sie mit Eisenhämatoxylin nach DOFLEIN färben, wobei das Präparat mit alkoholischer Eosinlösung nachgefärbt wird.

Ich muß zuerst bemerken, daß die Ectoplasmavakuolen mit den Kügelchen manchmal auch ganz fehlen. In diesem Fall kann das Ectoplasma genau jene Struktur zeigen, die MAIER beobachtet und abgebildet hat (seine Taf. III Fig. 1b, 1c; Co) und die auch ich an Taf. 12 Fig. 12 dargestellt habe. Öfters aber sind die genannten Vakuolen vorhanden und mit Kügelchen versehen, die verschiedene

Form aufweisen. Gewöhnlich findet man die Kügelchen etwas verlängert, in der Mitte der Vakuolen liegend (Taf. 12 Fig. 13), ohne daß sie irgend welche besondere Struktur zeigen. Neben diesen Kügelchen, die scheinbar frei in den Vakuolen liegen, habe ich auch solche gefunden, die mit einer Verlängerung an der Vakuolenwand befestigt sind (Taf. 12 Fig. 14). Manchmal können sogar zwei solcher Kügelchen in einer Vakuole vorhanden sein. Ein ganz charakteristisches Bild zeigt ein zweiter Typus von Ectoplasmakügelchen. Hier stellt das Kügelchen eine in die Mitte der Vakuole gestellte feste Masse dar, die voll von kleinen, stärker färbbaren Körnchen ist (Taf. 12 Fig. 15).

Die Ectoplasmakügelchen dürfen wir nicht mit einer anderen Art von Ectoplasmagebilden verwechseln, die ich bei Opalinen gefunden habe und die eine ganz andere Bedeutung haben. Das sind fadenförmige Stränge, die von der Pellicula ausgehen, durch das Ectoplasma ziehen und bis zur äußersten Schicht des Entoplasma gelangen, wo sie verschwinden. Diese Stränge halte ich für Ströme von durch die Pellicula aufgenommenen Nahrungslösungen (Taf. 12 Fig. 11).

Von den beschriebenen Formen von Ectoplasmakügelchen waren bis jetzt nur die frei in den Vakuolen liegenden bekannt, die keine innere Struktur besaßen. Um auf die Bedeutung dieser Vakuolen und Kügelchen Licht zu werfen, habe ich das Verhalten derselben bei verschiedenen Umständen in vivo auch in Präparaten zu verfolgen gesucht.

Eine Kultur von *Op. ranarum* wurde (im Monate Dezember) mit ungekochtem Eiweiß gefüttert, eine zweite ohne Nahrung gelassen. In der ersten Kultur traten die Ectoplasmavakuolen so massenhaft und stark entwickelt auf, daß ich sie ohne Färbung beobachten konnte (Taf. 13 Fig. 1). In der zweiten Kultur, die ich am dritten Tag beobachtet habe, war das Ectoplasma der Opalinen schon von einem gleichmäßigen Aussehen, ohne Vakuolen. Dann nahm ich einen Teil von den Opalinen der ersten Kultur und ließ sie hungern; bald kam es zur Rückbildung der Vakuolen. Die starke Entwicklung der Vakuolen bei reichlicher Nahrung, ihre Rückbildung oder ihr Verschwinden beim Hunger zeigen, daß sie vorübergehende Gebilde des Ectoplasmas sind, die in irgendwelchem Zusammhang mit dem Ernährungsprozesse stehen. Sehr oft habe ich eine Verlängerung dieser Vakuolen, die manchmal einem Kanälchen ähnelten, in der Richtung nach der Pellicula beobachtet. Sind die Vakuolen aus aufgenommener Flüssigkeit gebildet, oder stellen sie umgekehrt Stoffe dar, die nach außen entleert werden müssen? Die erste An-

nahme scheint mir unwahrscheinlich. Die durch Osmose aufgenommene Nahrung braucht nicht eine Zeitlang im Ectoplasma zu bleiben, um später dem Entoplasma übergeben zu werden. Die feinen Stränge von schwach färbbarer Substanz, die ich im Entoplasma gefunden habe und die von der Pellicula aus nach dem Entoplasma ziehen, scheinen vielmehr die aufgenommene Nahrung darzustellen. Ich bin geneigt, anzunehmen, daß die Vakuolen im Ectoplasma ihren Inhalt nach außen entleeren müssen. Andererseits hat Pütter schon darauf hingewiesen, daß die Opalinen feste Nahrungssubstanzen verdauen können, also extracellulär durch irgendwelche ausgeschiedenen Fermente. Metcalf (35, p. 340) zweifelt daran, daß diese Verdauung solchen Fermenten zuzuschreiben ist. Er ist geneigt anzunehmen, daß hier die Bakterien die Zersetzung des Eiweißes herbeiführen und die Opalinen nur die fertigen Spaltungsprodukte durch Osmose aufzunehmen haben. Wie ich an anderer Stelle besprechen werde, ist die Fähigkeit der Opalinen extracellulär zu verdauen, sehr wohl möglich. Und die Flüssigkeit der Ectoplasmavakuolen, die eben bei starker Fütterung so massenhaft auftreten, scheint mir das Verdauungsferment zu sein, das nach außen ausgeschieden werden muß.

In vivo sind die Kügelchen der Vakuolen nicht zu unterscheiden. Die Beobachtung von Metcalf (35 p. 212), daß in den lebenden Opalinen die Kügelchen eine mehr flüssige Substanz darstellen, die die ganzen Vakuolen ausfüllt, bei der Behandlung der Präparate zusammenschrumpft und die Kügelchen selbst bildet, scheint mir sehr wahrscheinlich. Bei dieser Zusammenschrumpfung kann die Masse sich von der Vakuolenwand lostrennen oder wie ich gezeigt habe, an manchen Stellen an dieser Wand hängen bleiben. Die Vakuolen sind also solche Punkte im Ectoplasma, wo sich flüssige Substanzen sammeln, um später nach außen entleert zu werden.

Die Ausscheidungen aber des Ectoplasmas sind nicht bloß mit den Ernährungsprozessen verknüpft. Bei den Encystierungen verschiedener Art, die bei den Opalinen zustandekommen, ist das Ectoplasma auch beteiligt. Eine Dauercyste von *Op. dimidiata*, die im Stadium, das an Taf. 12 Fig. 10 dargestellt ist, also im Momente der starken Ausscheidung von Hüllenmasse, habe ich fixiert und geschnitten. Eine Art von Ectoplasmavakuolen war auch da. Das Tier hatte schon eine Cystenhülle und ernährte sich nicht mehr; diese Vakuolen stehen also hier wahrscheinlich im Zusammenhang mit der Ausscheidung von Material zur Bildung der Cystenhüllen.

C. Entoplasma.

Ich will die Anwesenheit eines Gebildes im Entoplasma erwähnen, das bis jetzt nur von SCHNEIDER (44) beobachtet worden ist, dem er aber eine ganz andere Deutung als ich gibt.

Wenn man das Zusammenziehen der Pellicula bei *Op. ranarum* beobachtet, die wir später näher besprechen werden, kommt man zu der Überzeugung, daß irgendwelche Vorrichtung da sein muß, die Stützpunkte für die sich zusammenziehenden Teile bildet und die Erhaltung der blattähnlichen Form des Körpers ermöglicht. Ohne solche Vorrichtung müsse der Körper an den Stellen, wo sich die Pellicula auf der einen Seite zusammenzieht, an Dicke zu stark zunehmen. Solch ein Gerüst existiert bei *Op. ranarum* in Form eines Netzes aus zarten Stützfibrillen, die den ganzen Körper in allen Richtungen durchziehen. Dieses Netz ist deutlicher im Entoplasma zu sehen. Dort, wo die Pellicula nicht zusammengezogen ist, sind die Fäden des Netzes in allen Richtungen ungefähr gleichmäßig orientiert (Taf. 12 Fig. 5). An den Stellen aber, wo sich die Pellicula zusammenzieht, übt dieselbe eine ziehende Wirkung auch auf die Fäden aus und sie orientieren sich infolgedessen hauptsächlich in einer Richtung, die senkrecht zur Pellicula ist (Taf. 12 Fig. 6). Es geschieht dasselbe, was man beobachten kann, wenn man ein Stück Fischernetz mit beiden Händen nach zwei entgegengesetzten Richtungen zieht: das Netz verlängert sich, aber nur bis zu einem gewissen Grade, indem sich die Faden fast parallel der Linie des Zuges einstellen. Hier haben wir ein Netz, das nur in einer Ebene liegt, bei *Op. ranarum* sind Netzfäden in mehreren Richtungen und Ebenen vorhanden.

Bei *Op. dimidiata* habe ich dasselbe Netz von Stützfibrillen wie bei *Op. ranarum* beobachtet, das sich durch den ganzen Körper verbreitet. Ich habe Stellen gesehen, wo sich dieses Netz im Ruhezustande fand, wie auch andere Stellen, wo es in einer Richtung gespannt wurde. Hier konnte ich auch die Verlängerung des Netzes im Ectoplasma verfolgen, wo es aus zarteren Fäden besteht (Taf. 12 Fig. 9).

Die Stützfibrillen des Ecto- und Entoplasmas sind dieselben, die SCHNEIDER (44) zum ersten Male und zwar bei *Op. ranarum* beobachtet hat; sie stellten das zuerst sicher nachgewiesene Gerüst bei den Infusorien dar. Keiner von den Autoren, die später Untersuchungen über Opalinen gemacht haben, hat diese Stützfibrillen erwähnt. Nach SCHNEIDER stehen die Stützfibrillen im Zusammenhang

mit den Basalkörnern der Cilien, und nur die Elementarfäden, in welche die Stützfibrillen übergehen, können „in Beziehung zu der eigenartigen Skulptur der Oberfläche zwischen den Cilienstreifen stehen“. Die direkte Verbindung zwischen den Stützfibrillen und den Basalkörnern der Cilien konnte ich nicht näher beobachten. Obwohl es gut möglich ist, daß das Gerüst im Ectoplasma mit den Basalkörnern in Berührung steht, schreibe ich den Stützfibrillen hauptsächlich eine andere Rolle zu. Die Stützfibrillen dienen dazu, die Körperform bei der verschiedenartigen Biegung durch die Myoneme zu erhalten; dafür spricht auch die Tatsache, daß man das Gerüst in gespanntem Zustande beobachten kann, wo die Stützfibrillen, infolge des Zuges, in einer Richtung eingestellt sind. Solche Spannung durch einen Zug der Cilien ist undenkbar. In den Dauercysten der erwachsenen Opalinen, bei welchen also keine Spannung in irgendeiner Richtung vorhanden ist, findet man das Gerüst in ganz erschlafftem Zustande (Taf. 12 Fig. 10). Ferner muß ich bemerken, daß das Gerüst in keinem Zusammenhang mit den Macro- und Micronuclei steht. Die letzteren liegen im Entoplasma und sind nicht an dem Gerüst befestigt, wie Schneider anzunehmen geneigt ist.

Bewegungen der Opalinen.

Über die Bewegungen der Opalinen finden wir in der Literatur sehr wenige Angaben. Wallengren (53) gibt an, daß *Op. ranarum* beim Schwimmen sich rechts herumdreht. Diese drehende Bewegung erklärt er nur aus der Tätigkeit der Cilien, die nach seiner Meinung in verschiedenen Körperteilen in verschiedener Richtung schlagen. Wenn man muntere Tiere beobachtet, erkennt man leicht, daß diese Erklärung der Wirklichkeit nicht ganz entspricht. *Op. ranarum* dreht sich beim Schwimmen nach beiden Seiden herum: sie schwimmt eine Zeitlang, indem sie sich spiralig rechts herumdreht; dann hält sie für einen Moment an und setzt die Bewegung fort, indem sie sich jetzt linksherum dreht. Diese Änderung der Drehrichtung erfolgt hauptsächlich nicht durch eine Änderung der Cilientätigkeit, sondern durch eine rasche Formumwandlung. Der blattförmige Körper von *Op. ranarum* bleibt nicht eben, sondern biegt sich vielfach und zwar auf eine ganz bestimmte Weise bei jeder Richtungsänderung. Wenn das Tier sich rechtsherum dreht, ist die vordere Hälfte des linken Randes nach oben, die des rechten nach unten gebogen. Die hinteren Hälften der Ränder sind dabei in entgegengesetzter Richtung gebogen, wenn auch nicht so stark, wie die

vorderen. Wenn das Tier die Drehrichtung wechselt, sieht man wie alle diese vier Ränderteile sich in einem Moment gleichzeitig in umgekehrter Richtung umbiegen und in dieser Stellung verharren, bis die Drehrichtung sich von neuem ändern soll. Diese gebogenen Körperteile dienen also als eine Steuervorrichtung.

Die Biegung der einzelnen Körperteile erfolgt durch Zusammenziehen der betreffenden Teile der Pellicula. Es müssen also Organellen (Myoneme) bestehen, die das ermöglichen. Diese Myoneme müssen so beschaffen sein, daß sie sich nur in einzelnen Abschnitten der Pellicula, und zwar in verschiedenem Grade zusammenziehen können.

Die zylindrischen Opalinaarten, wie die *Op. dimidiata* und *Op. intestinalis* drehen sich beim Schwimmen auch nach beiden Richtungen. Als Steuervorrichtungen können hier steife Längsleisten dienen, die schräg vom vorderen zum hinteren Ende verlaufen, und die in einem Momente verschwinden. Gleich darauf bilden sich ähnliche Leisten, aber in entgegengesetzter Richtung. Das Vorderende ist dabei immer nach einer Seite etwas gekrümmt.

Kerne und Kernsubstanzen.

A. Micronuclei. Chromidienbildung.

Die Micronuclei der Opalinen wurden anfangs nur als „Kerne" bezeichnet, ohne Andeutung, ob sie den Macro- oder den Micronuclei entsprechen. Bütschli (3, p. 1500), war der erste, der sie richtig als Micronuclei erkannte, weil sie sich „vollkommen nach der Art der Micronuclei auf ausgesprochenem indirektem Weg" teilen. In bezug auf die Macronuclei schreibt er: „Es scheint auch sicher, daß eine zweite (Sorte von Kernen) nicht existiert." Parker und Haswell (41, p. 84) sind auch der Meinung, daß die Opalinenkerne den Micronucleen ähneln, weil sie sich durch Mitose teilen; diese Autoren unterscheiden die Opalinen von den anderen Ciliaten nach der vollkommenen Abwesenheit von Macronuclei. Hickson (16) hält die Micronuclei für Macronuclei und behauptet irrtümlich, daß sie sich hauptsächlich amitotisch teilen (vielleicht handelt es sich um die amitotische Teilung der echten Macronuclei?). Löwenthal, der über *Op. ranarum* gearbeitet hat, hält die Micronuclei gleichzeitig für Micro- und Macronuclei. Er behauptet, daß der Kern nur während der Zeit der Bildung von Infektionssysten Chromidien ausscheidet, die dem Micronucleus entsprechen, „der bei dem in der Folgzeit vorauszusetzenden Geschlechtsgang in Funktion zu treten hätte"; der Rest von Nucleus, der seine färbbare Substanz gänzlich verliert,

soll nach Löwenthal als Macronucleus angesehen werden. Neresheimer, der wie Löwenthal hauptsächlich über *Op. ranarum* gearbeitet hat, findet die Chromidien wieder nur in der Periode der Geschlechtsfortpflanzung. Während dieser Zeit unterscheidet er zwei Arten von Chromidien und zwar: Somatochromidien, die wahrscheinlich unter Pigmentbildung zugrunde gehen, und Sporetien oder Gametochromidien, die die Geschlechtskerne zu bilden haben. Eine Anzahl von Kernen (d. h. von Micronuclei nach meiner Auffassung) beteiligen sich nicht am Prozesse der Chromidienbildung und bleiben als Reservekerne, die dem vegetativen Leben der Zelle weiter dienen. Diese Reservekerne, wie auch die von den Sporetien befreiten Prinzipalkerne sind nach Neresheimer als Äquivalent des Macronucleus. Die Sporetien lagern sich in besondere Gebilde (Alveolen) hinein, die im Protoplasma auftreten. Diese Alveolen sind wahrscheinlich ein und dieselben Gebilde, wie die vergrößerten „scheibenförmigen Körperchen“ von Zeller, die nach ihrem Wachstum in einem späteren Stadium verschwinden. Die in den Alveolen eingelagerten Sporetien bilden die Geschlechtskerne, die heranwachsen und sich an den weiteren Prozessen der Geschlechtsvermehrung beteiligen. Kurz gefaßt hält Neresheimer einen Teil der echten Micronuclei der Opalinen vor der Periode der Geschlechtsprozesse für gleichwertig den Macronuclei, den größten Teil für ebensolche, die aber auch generative Substanz enthalten, die bei der Geschlechtsvermehrung in Form von Chromidien austritt und generative Kerne bilden. Metcalf (35), der überhaupt über *Op. intestinalis* gearbeitet hat, hält die Micronuclei für ein Äquivalent der Macro- und Micronuclei zusammen. Chromidienausscheidung hat er nicht nur während der Zeit der Geschlechtsvermehrung, sondern auch im Herbst (p. 244) beobachtet. Er ist mit Neresheimer darüber nicht einverstanden, daß es bei den Opalinen generative Chromidien gibt, und daß die Kerne nach der Chromidienausscheidung zugrunde gehen. Die Chromidien treten nach Metcalf wahrscheinlich größtenteils in gelöstem Zustande durch die Kernwand heraus und stehen vielleicht mit der Bildung der „scheibenförmigen Körperchen“ von Zeller in Zusammenhang.

Mit der Klärung der Natur dieser „scheibenförmigen Körperchen“, die die Macronuclei darstellen, wie wir im nächsten Kapitel sehen werden, klärt sich auch die Natur anderer Organellen. Die bis jetzt nur als „Kerne“ bezeichneten Gebilde sind die Micronuclei der Opalinen, weil sie sich mitotisch teilen und die Gametenkerne bei den Geschlechtsvorgängen bilden. Es klärt sich auch die Natur der aus ihnen austretenden stark färbbaren Substanzen, die gewöhnlich

Chromidien genannt werden. Ich behalte auch den Ausdruck „Chromidien“, bei, ohne damit eine bestimmte theoretische Auffassung dieser Gebilde zu verbinden.

In der ganzen Zeit von Ende November bis zur Zeit der Geschlechtsvermehrung habe ich die Chromidienausscheidung bei *Op. ranarum* beobachtet. Sie ist also kein Prozeß, der nur mit der Geschlechtsvermehrung verknüpft ist, wie NERESHEIMER und LÖWENTHAL glaubten. Chromidienbildung habe ich bei ruhenden Kernen wie auch bei in Teilung begriffenen gesehen (Taf. 12 Fig. 21, die nach Präparaten von *Op. ranarum* gezeichnet ist, die am 28. November fixiert wurden). Chromidienbildung konnte ich auch bei den Gametocyten von *Op. ranarum* feststellen (Taf. 12 Fig. 30a). Die Chromidienbildung ist also auch bei den Opalinen ein Prozeß, der in allen Stadien des Lebens des Kernes stattfinden kann, und sich in Zusammenhang mit der physiologischen Tätigkeit der Kerne befindet.

Was den Vorgang des Austretens der Chromidien aus den Micronuclei betrifft, so kann ich die Meinung von METCALF insofern unterstützen, als die Chromidien sich gewöhnlich wahrscheinlich vor dem Austritt aus dem Kerne auflösen und in solchem Zustande den Kern verlassen. Dafür spricht auch die Tatsache, daß sehr oft die an der Wand des Kernes befindlichen Chromidien in einer Zone von heller Flüssigkeit liegen (Taf. 12 Fig. 20, 23). Ich habe aber, wenn auch selten, Fälle beobachtet, wo die Chromidien noch in festem Zustande den Kern verließen und kurz darauf in Protoplasma zerfielen (Taf. 12 Fig. 21, 22, 23). Die Masse von vegetativem Chromidien dringt an einer Stelle durch die Kernwand hinaus, gelangt in das Protoplasma, wo sie freiliegt. Diese unregelmäßigen Chromidienstückchen im Protoplasma zeigen aber deutlich durch ihr Aussehen, daß sie sich in einem Zustande der Auflösung befinden.

Die Chromidien bei den Opalinen geben keinen neuen Kernen den Ursprung. Die „generativen Kerne“, die NERESHEIMER beobachtet hat, sind auf eine andere Weise zu erklären. Wenn man einen Blick auf seine Fig. 7, 9, 10 (Taf. II) wirft, so bekommt man sofort den Eindruck, daß die „plasmatischen Kugeln“, in die sich die Sporetien einlagern sollen, nichts anderes darstellen als die Macronuclei selbst. Wie ich das oft bei *Op. ranarum* beobachtet habe, färben sich die Macronuclei manchmal ziemlich stark, manchmal sehr schwach, wobei ganz nahe beieinander liegende Macronuclei verschieden stark gefärbt werden können. Ich glaube, daß NERESHEIMER die stark gefärbten Macronuclei für junge generative Kerne gehalten hat, die blassen für „plasmatische Kugeln“, die leergeblieben

sind und nach seiner Meinung später verschwinden sollen. NERESHEIMER (p. 14 u. 15) erwähnt, daß ein Teil der „scheibenförmigen Körperchen“ (d. h. die Macronuclei) an Größe erheblich zunimmt und ferner sagt er: „Ich habe nur die Vermutung, daß die vergrößerten Scheiben und die plasmatischen Kugeln oder Alveolen ein und dieselben Gebilde sind“ (p. 15). Mit anderen Worten sind die generativen Kerne umgeänderte scheibenförmige Körperchen, d. h. Macronuclei. Daß NERESHEIMER „generative Kerne in Wachstum“, d. h. etwas größer als gewöhnlich beschreibt, ist auch leicht zu erklären. Ich habe festgestellt, daß bei *Op. ranarum* Macronuclei vorkommen, die bedeutend größer oder auch viel kleiner als die gewöhnliche Norm sind und alle können sogar in den Prozeß der Teilung treten (Taf. 12 Fig. 19a, b). Andererseits sind unter den Micronucleen auch solche zu finden, die kaum mehr als die Hälfte der gewöhnlichen messen. Diese größeren Macro- und kleineren Micronuclei sind vielleicht von NERESHEIMER als Wachstumsstadien seiner generativen Kerne betrachtet worden.

B. Macronuclei.

Ursprünglich wurden die Opalinen von STEIN (46) als Infusorien bezeichnet, die sich von den übrigen Ciliaten durch den Mangel an Kernen unterschieden. Später erkannte derselbe Autor (47) auch ihnen die Anwesenheit kernartiger Gebilde an. Echte Kerne wurden bei den Opalinen erst von KÖLLIKER aufgewiesen (19). In seiner wertvollen Arbeit bezeichnet ZELLER (54) in *Op. ranarum* neben den zahlreichen „bläschenförmigen Kernen“ noch die „eigentümlichen scheibenförmigen Körperchen“, die ich für Macronuclei halte. Die Organellen, die von den meisten Autoren nur als Kerne bezeichnet werden, entsprechen den Micronuclei der übrigen Ciliaten und deshalb werde ich sie als Micronuclei auch bezeichnen.

Die „scheibenförmigen Körperchen“ hat ZELLER schwach abgeplattet, mit mattem Glanz und in einer Größe von durchschnittlich 4 μ gesehen. Dieselben Körperchen entdeckte er auch bei *Op. obtrigona*, *Op. dimidiata* und *Op. caudata*. Nur bei *Op. similis (intestinalis)* erwähnt er sie nicht. Wahrscheinlich waren sie bei den von ihm beobachteten Exemplaren in vivo nicht sichtbar, was, wie wir später sehen werden, oft vorkommen kann. Um die Natur der Macronuclei wurde viel gestritten. PFITZNER (42, p. 455) hielt sie zuerst für parasitische Algen. Sehr wichtige Beobachtungen machte TÖNNIGES (p. 130). „Diese Körner“, schreibt er, „haben zumeist eine scheibenförmige Gestalt, welche jedoch stark wechseln kann, so daß

wir die verschiedensten Formen unter ihnen antreffen. Sie können in der Regel gestreckt sein, so können unregelmäßige Formen zeigen und endlich Figuren, wie sie durch Teilungen hervorgerufen werden." Und ferner: „Die Teilung ist eine direkte, indem das betreffende Körnchen eine länglich-ovale Gestalt annimmt, welche allmählich in eine Hantelfigur übergeht und schließlich zwei Teilprodukte, die noch längere Zeit vermittels eines feinen Verbindungsfadens in Zusammenhang bleiben, entstehen läßt. Diese Teilungen, welche sehr gut zu beobachten waren, sind sehr häufig und es ist hervorzuheben, daß sie bei ihrem Eintreten, die größte Menge der Kernchen einer Opalina in Mitleidenschaft ziehen" (p. 131). Dies alles kann ich nur als vollkommen richtig bestätigen. Leider hat Tönniges keine Abbildungen der Teilungsmomente von Macronuclei beigegeben, und die Autoren, die später Untersuchungen über die Opalinen gemacht haben, hielten alles für eine irrtümliche Beobachtung (Metcalf p. 323). Tönniges zog auch keinen entscheidenden Schluß aus seinen richtigen Befunden. Er sagt: „Die Bedeutung der Körner ist vorläufig vollständig unklar. Daß sie keine Excretkörner sein können, beweisen nicht nur die mikrochemischen Reaktionen, sondern auch in erster Linie ihre Teilungen, welche diese Annahme vollständig ausschließen. Ob sie als parasitäre Organismen oder vielleicht als der in kleine Teilstückchen aufgelöste Macronucleus zu betrachten sind, müssen kommende Untersuchungen lehren" (p. 132). Auch Kunstler und Gineste (20) schreiben diesen Gebilden Individualität zu, weil sie ebenfalls die Vermehrung derselben gesehen haben. Die Richtigkeit ihrer Beobachtung wurde später auch bestritten (Metcalf, 35, p. 332). Hickson (16) stellt auf, daß die Opalinen sowohl Macro- wie auch Micronuclei besitzen, weil die kleineren Gebilde, die neben den gewöhnlichen Kernen in den Opalinen vorkommen, auch Chromatin enthalten. Er hält sie aber für Micronuclei und die richtigen Micronuclei für Macronuclei. Fauré-Fremiet (12) betont, daß die „Vesicles" im Entoplasma (d. h. die Macronuclei) weder für Reservenahrung noch für Excretionsteilchen gehalten werden dürfen. Später schließt sich auch dieser Autor der Meinung von Kunstler und Gineste an, indem er diese Gebilde als Zellorganellen und zwar als Excretionsorganellen betrachtet. Metcalf (35) studierte eingehend die Macronuclei, die er als „endosarc spherules" bezeichnet. Er stellt auf, daß diese „spherules" keine Öltropfen, kein Lecithin darstellen, daß sie vielleicht ähnlicher Natur wie die „endosarc spherules" bei *Nyctoteres* und *Balanditium* sind, die Paraglykogen enthalten, aber doch Unterschiede in den chemischen Reaktionen zeigen; er

stimmt mit Tönniges überein, indem er nicht geneigt ist, diese „spherules" als Parasiten oder Excretionsteilchen zu bezeichnen. Er hält aber die Beobachtung von Tönniges über die Teilung derselben für unrichtig, weil er trotz langen Suchens keine Teilungsmomente gefunden hat und weil die „endosare spherules" sich mit Neutralrot und anderen Farben intra vitam färben, was nach seiner Meinung gegen die Annahme der Individualität dieser Gebilde spricht.[1]) Er ist der Meinung, daß die „endosarc spherules" Reservematerial darstellen und bei ihrer Entstehung sich wahrscheinlich die Chromidien beteiligen. Andererseits aber besteht Metcalf zu, (p. 218, 219), daß das Endoplasma Nahrungssubstanz in flüssiger Form enthält, die reichlich bei frisch aus dem Froschdarm herausgenommenen Opalinen ist, spärlich bei hungernden Individuen, deren „endosare spherules" aber sich nach 48stündigem Hunger genau so färben wie bei den nicht ausgehungerten Opalinen. Schon diese beiden Tatsachen widersprechen dem Standpunkt von Metcalf.

Die Frage nach der Natur der „endosarc spherules" hielt ich für sehr wichtig und schenkte ihr viel Aufmerksamkeit, weil die richtige Deutung dieser Gebilde uns mehrere andere Fragen klar machen kann, so z. B. die Frage nach der Natur der Opalinenkerne und der Ectoplasmavakuolen, die Frage nach dem Schicksal der Chromidien, sowie die nach der systematischen Stellung der Opalinen.

Die scheibenförmigen Körperchen von Zeller kommen nicht immer in einer und derselben Form vor, wie sie von manchen Autoren beschrieben worden sind, sondern man kann sie in ziemlich verschiedener Gestalt beobachten: sie können scheibenförmig, etwas länglich oder sehr verlängert, auch in der Mitte eingeschnürt sein (Taf. 13 Fig. 2), stets aber haben sie eine deutliche Membran. Das Aussehen in vivo ist sehr verschieden: gewöhnlich sind sie stärker lichtbrechend als das Protoplasma und werden deshalb gewöhnlich deutlich erkannt. Der Grad aber dieser Deutlichkeit ist auch verschieden. In Kulturen von *Op. ranarum*, die ich mit Eiweiß (im Dezember) fütterte, fand ich sie mit ungewöhnlich starkem Glanz (Taf. 13 Fig. 1). Bei Kulturen von derselben Opalineart, die 3 Tage in reiner Pütter'scher Flüssigkeit gehalten wurden, in welchen sich also keine Ernährungsprozesse abspielten, verloren sie umgekehrt ihr gewöhnliches Aussehen und waren im lebenden Tier nicht mehr zu erkennen (Taf. 13 Fig. 3). Das Entoplasma solcher Opalinen ist stark mit lichtbrechenden Kristallen gefüllt, die sonst sehr

[1]) In seiner vorläufigen Mitteilung aber (34, p 113) hielt er diese Teilung für wahrscheinlich.



spärlich oder sogar gar nicht vorhanden sind. Es sind die Körperchen, die schon ZELLER beobachtet hat. Auf fixierten und gefärbten Präparaten von solchen ausgehungerten Opalinen aber ließen sich die „scheibenförmigen Körperchen" genau so färben, wie bei Tieren, die nicht gehungert hatten. Bei gelungener Differenzierung sieht man im Innern der „scheibenförmigen Körperchen" mehrere dunkle Flecken (Taf. 12 Fig. 21, 22).

Die Tiere der Hungerkulturen starben meistens am vierten Tag. Am dritten Tag (im Dezember) befinden sich die Tiere in einem Zustande der äußersten Erschöpfung. Die Tatsache, daß auch dann die „scheibenförmigen Körperchen" da sind und sich auf dieselbe Weise färben wie gewöhnlich, zeigt uns, daß sie keine Reservestoffe sind. Wie auch METCALF (p. 218, 219) bemerkt, sind die Reservestoffe der Opalinen im Entoplasma aufgelöst, und deshalb weist es bei ausgehungerten Tieren nicht mehr die Reaktionen auf, die die Anwesenheit derselben Stoff in Normaltieren beweisen.

Von einer Excretionsfunktion kann auch keine Rede sein, da die Opalinen dazu ein spezielles Organell besitzen. METCALF hat bei den cylindrischen Opalinen solches mit Sicherheit festgestellt, wie auch Spuren von einem solchen Organell bei *Op. obtrigona*; mir gelang es, ein solches auch bei *Op. ranarum* festzustellen, wovon später die Rede sein wird. Die „scheibenförmigen Körperchen" müssen also als Organellen anderer Art betrachtet werden. Wenn sie Macronuclei darstellen, muß man ganz deutlich, sicher und oft ihre Teilung beobachten können; eine solche Teilung aber wurde von den meisten Autoren bestritten.

Nachdem ich verschiedene Färbungsmethoden benutzt hatte, konnte ich einwandfrei Teilungsmomente von Macronuclei in Präparaten von *Op. ranarum* beobachten, die mit Eisenhämatoxylin nach HEIDENHAIN gefärbt worden waren, ohne daß die Farbe differenziert wurde. Die Verbindungsfäden zwischen beiden Stücken waren ganz deutlich, aber mehr als diese Fäden war in der Teilungsfigur bei einer solchen Färbung nicht zu sehen. Bei der Differenzierung entfärbt sich zuerst der Verbindungsfaden und darin liegt die Erklärung dafür, warum den meisten Autoren dieses Teilungsmoment entgangen ist. Bessere Färbung bekam ich mit alkoholischem Hämatoxylin nach DOFLEIN, wobei ich die Farbe außerordentlich verdünnte und progressiv färbte. Die besten Resultate gab mir die Färbung auf die letztgenannte Weise bei Nachfärbung mit alkoholischem Eosin.

Der Macronucleus teilt sich so wie bei den anderen Ciliaten. Er verlängert sich, schnürt sich in der Mitte immer mehr und mehr

ein, das Zwischenstück zwischen den beiden Hälften verdünnt sich immer weiter, ist schließlich nur als dünner Faden zu sehen und reißt dann ab (Taf. 12 Fig. 16, 17). Anfangs ist an einem Ende der Tochterkerne noch ein Rest dieses Fadens sichtbar (Taf. 12 Fig. 18a, b). Kurz nach der Teilung haben die Tochterkerne eine ziemlich unregelmäßige Form, oder sie sehen verlängert aus (Taf. 12 Fig. 18c). Später bekommen sie ihre Discoidalform, die dem Ruhezustand entspricht (Taf. 12 Fig. 18d).

Wenn man bei gelungener Differenzierung die Teilung näher verfolgt, sieht man, daß die Kernmembran anfangs ein Rohr darstellt, das in der Mitte bald ganz leer wird, da sich die Kernsubstanz gegen beide Pole zurückzieht. Diese Kernsubstanzmassen färben sich dunkel, das Verbindungsrohr, das später zum Verbindungsfaden zusammenfällt, sehr blaß (Taf. 12 Fig. 16, 17).

Es ist bemerkenswert, daß man Individuen findet, bei welchen die meisten Macronuclei in Teilung begriffen sind, und daß man in jedem Schnitt viele Dutzende von Teilungsmomenten nachweisen kann. In anderen Individuen trifft man nur wenige, bei wieder anderen fast keine solchen Momente. Das zeigt, daß von Zeit zu Zeit die Tiere in einen Zustand geraten, wo die Teilung der Macronuclei massenhaft eintritt. Dasselbe habe ich auch bei der Teilung der Macronuclei beobachtet, obwohl in viel geringerem Maße. Die sich teilenden Macronuclei kann man auch in vivo erkennen, wenigstens in den Anfangsstadien, wenn sie massenhaft eintreten. Bei solchen Individuen sind fast alle Macronuclei etwas länglich, in der Mitte etwas eingeschnürt, oft etwas gekrümmt und immer stark lichtbrechend (Taf. 13 Fig. 2).

Gegen die Färbung intra vitam verhalten sich die Macronuclei nicht gleich. Bei *Op. ranarum*, *Op. dimidiata* und *Op. intestinalis* lassen sie sich bei schwachen Lösungen von Neutralrot nicht färben. Ich habe *Op. ranarum* in solcher Lösung bis 6 Stunden gehalten: das Protoplasma wurde stark gefärbt, die Macronuclei aber nicht. Mit Gentian-Violett färben sich die Macronuclei von *Op. ranarum* sofort, nach kurzer Zeit aber beim noch lebendigen Tiere färben sich auch die Micronuclei. Genau so verhalten sich die Macronuclei bei *Op. dimidiata*. Bei *Op. intestinalis* färben sich mit Neutralrot die Macronuclei wieder nicht, was am deutlichsten am Hinterrande des Körpers zu sehen ist, wo sie vom gefärbten Protoplasma weniger maskiert sind. Bei dieser Art werden umgekehrt die Micronuclei, besonders wenn sie Chromidien enthalten, vom Neutralrot stark gefärbt. Gegen Gentian-Violett verhalten sich die

Macro- und Micronuclei von *Op. intestinalis* und *Op. caudata* genau so wie bei den anderen Opalinaarten.

Die Gebilde, die ich als Macronuclei bezeichne, finden sich ausnahmslos bei allen Opalinaarten. An fixierten Präparaten färben sie sich wie Macronuclei, haben wie diese eine deutliche Membran. Bei lebendigen Opalinen ändern sie ihr Aussehen je nach dem physiologischen Zustande des Tieres. Sie teilen sich wie die Macronuclei der übrigen Ciliaten. Die Färbung intra vitam mit manchen Farben kann nicht als Argument gegen die Auffassung benutzt werden, daß sie wirklich Macronuclei sind, weil sich mit Gentian-Violett, wenn auch etwas schwerer, auch die Micronuclei der Opalinen färben. Der Macronucleus von *Balantidium* färbt sich mit Gentian-Violett genau so wie die der Opalinen. Bei manchen anderen Ciliaten ist auch Vitalfärbung des Macronucleus gelungen, aber auch offenbar nur bei bestimmten physiologischen Zuständen. Mit Neutralrot färben sich die Micronuclei bei *Op. intestinalis* früher als die Macronuclei. Jedenfalls muß ich bemerken, daß meine Resultate über die Vitalfärbung mit denen von Metcalf nicht ganz übereinstimmen, weil er behauptet (p. 346), daß sich die „endosarc spherules" von *Op. intestinalis* mit Neutralrot „dark red" und die Nuclei (d. h. die Micronuclei) gar nicht färben. Vielleicht spielt hier auch der physiologische Zustand des Tieres eine gewisse Rolle.

Von großer Bedeutung für das Wesen dieser Gebilde ist ihr Verhalten während der Geschlechtsvermehrung. Diese werde ich ausführlicher an anderer Stelle besprechen. Hier will ich nur daran erinnern, daß in den Infektionscysten die Macronuclei genau so gebildet sind, wie in den erwachsenen Tieren. Ein Hauptmerkmal ist die Anwesenheit einer Membran, die ihnen die charakteristische Form in vivo wie auch bei der Färbung mit Vitalfarben oder bei der Färbung nach Fixierung immer erhält. Bei den Gametocyten findet man anstatt gutgeformter Macronuclei nur Tropfen oder membranlose Stäbchen von ähnlicher lichtbrechender Substanz (Taf. 12 Fig. 30b, c). Bei Versuch, sie in vivo zu färben, zerfallen die Stäbchen in einigen Sekunden auch in einzelne Tropfen (Taf. 12 Fig. 30d, e). Bei fixierten und gefärbten Gameten und Zygoten ist von den Macronuclei keine Spur mehr zu sehen (Taf. 12 Fig. 27, 28, 29, 30c, g). Die Macronuclei der Opalinen also degenerieren während der Gametenbildung. Das ist ein weiterer Beweis dafür, daß wir es hier mit Macronuclei zu tun haben, die sich bei den Geschlechtsvorgängen genau so verhalten wie die Macronuclei der übrigen Ciliaten.

Ernährung der Opalinen.

Die Angaben von Künstler und Gineste (25, p. 294), daß die Opalinen einen Mund und After besitzen, sind von keinen anderen Autoren bestätigt worden. Mund und After habe ich auch bei den Opalinen nicht gefunden. Sie ernähren sich also osmotisch. Die Kulturen, die ich mehr als einen Monat mit abgekochter und stark zentrifugierter Flüssigkeit von der Durchspülung des Froschdarmes fütterte, beweisen, daß diese Tiere ihr Nahrungsmaterial in flüssiger Form von der Umgebung beziehen können. Die feinen fadenförmigen Stränge, die von der Pellicula durch das Ectoplasma ziehen, bis zum Entoplasma gelangen und dort verschwinden, sind eben die nahrungshaltigen Flüssigkeiten, die durch die Pellicula osmotisch durchdrungen sind (Taf. 12 Fig. 11).

Eine zweite Frage in Zusammenhang mit der Ernährung der Opalinen hat sich mit den Versuchen von Pütter ergeben und zwar die, ob die Opalinen auf irgendwelche Weise auch feste Nahrungsteilchen ausnutzen können. Mit *Op ranarum*, mit welcher er in der Zeit vom Oktober bis zum 1. März gearbeitet hat, also nicht in der Zeit direkt vor der Geschlechtsvermehrung, machte er folgende Versuche. Er ließ die Opalinen in seiner Kultivierungsflüssigkeit hungern: am dritten Tag fingen sie zu sterben an, die letzten Exemplare starben am 7. Tag. Zu anderen Kulturen setzte er Eiweißpulver: die Opalinen lebten 13, manche Exemplare sogar 20 Tage. Aus diesen Versuchen von Pütter geht hervor, daß die Opalinen das Eiweiß extracellulär verdaut und danach die Spaltungsprodukte osmotisch aufgenommen haben. Es bestehen keine anderen Versuche über diese Frage. Metcalf (35, p. 340) zweifelt daran, daß die Verdauung bei den Versuchen von Pütter einer extracellulären Wirkung der Opalinen zuzuschreiben ist; er neigt vielmehr dazu anzunehmen, daß hier die Bakterien die Verdauung bewirkt haben.

Über diese so interessante Frage stellte ich auch Versuche an. Ich habe zuerst einigemal 10 Hungerkulturen von *Op. ranarum* angesetzt, wobei die ausgekochte Pütter'sche Flüssigkeit jeden Tag gewechselt wurde. Die Tiere in den am 21. Dezember 1920 angesetzten Kulturen waren schon am 23. kaum beweglich, am 24. teilweise gestorben, am 25. alle tot. Hungerausdauer 4—5 Tage. Hungerkultur von *Op. dimidiata* angesetzt am 24. Dezember 1920. Am 26. die Tiere schon schwach beweglich; am 29. unbeweglich, teilweise gestorben; am 30. die ganze Kultur gestorben. Hungerausdauer 5—7 Tage. Hungerkultur von *Op. ranarum*, angesetzt am 24. Dezember 1920.

Am 26. erschienen schon viele Abnormitäten mit Auswüchsen; am 27. sind die Tiere schwach beweglich; am 28. ist die Kultur schon gestorben. Hungerausdauer 4—5 Tage.

Die Resultate der obigen Versuche stimmen mit denselben von PÜTTER vollkommen überein. Jetzt wollte ich die Ernährungsversuche mit festen Nahrungsteilchen wiederholen, aber unter Ausschaltung der Bakterienwirkung. Eine Entfernung der Bakterien selbst bei solchen Versuchen ist undenkbar, deshalb versuchte ich die Möglichkeit einer Verdauung durch sie auszuschalten. Die Kulturen von *Op. ranarum* durchspülte ich jeden Tag einigemal nach kurzem Zentrifugieren mit frisch aufgekochter und abgekühlter Flüssigkeit. Steril aufbewahrtes, abgekochtes Eiweiß wurde dann mit Glaspulver feinst zerrieben, mit frisch ausgekochter Flüssigkeit verdünnt und sehr stark zentrifugiert. Von der Flüssigkeit, deren feinste Eiweißteilchen sich auch bei solchem Zentrifugieren nicht setzten, gab ich den Kulturen zu. Nach $2^1/_2$ Stunden spülte ich die Kulturen wiederum einigemal durch, damit jede Spur vom Eiweiß entfernt wurde. Auf diese Weise konnten die Kultur und die Nahrung nicht so viel Bakterien enthalten, daß sie imstande wären, eine Spaltung des Eiweißes herbeizuführen; in $2^1/_2$ Stunden könnten sie sich auch nicht stark genug vermehren, um die Verdauung zu verursachen, diese Zeit aber genügte zur Verdauung des Eiweißes, wenn die Opalinen wirklich imstande sein sollten, extracellulär zu verdauen. Die Kultur war am 6. Januar angesetzt; zur Kontrolle wurde auch eine Hungerkultur geführt. Am 9. waren die Opalinen der Kontrollkultur schwach beweglich, am 10. schon gestorben. Die auf die obige Weise gefütterte Kultur war in dieser Zeit ganz normal und am 11. wurde sie vernichtet.

Die Anwesenheit von festen Eiweißpartikelchen in der Flüssigkeit scheint einen Reiz auf die Opalinen zu üben. Gewöhnlich liegen die Opalinen in einem Haufen am Boden des Glases, wo sie nur sehr schwache Bewegungen ausführen. Wenn man die Flüssigkeit wechselt, kommen die Tiere nur für kurze Zeit in Erregung, schwimmen in der Flüssigkeit herum, nach einigen Minuten aber beruhigen sie sich und bleiben wieder am Boden liegen. Wenn man aber nicht nur die Flüssigkeit wechselt, sondern auch etwas frisches, ausgekochtes, steriles und pulverisiertes Eiweiß hineinsetzt, beobachtet man stundenlang ein sehr lebhaftes Schwimmen, wobei die Tiere auch ziemlich weit nach oben emporsteigen.

Alle Kulturversuche, die ich mit Opalinen gemacht habe, lassen mich glauben, daß diese Infusorien tatsächlich auch feste Eiweiß-

partikelchen, die in der sie umgebenden Flüssigkeit liegen, auf irgendwelche Weise ausnutzen können.

Excretion der Opalinen.

A. Excretionskörperchen.

Bei der Beschreibung des Protoplasmas von *Op. ranarum* erwähnt Zeller (52, p. 355) die Anwesenheit „einer außerordentlichen Menge ganz kleiner glänzender Kügelchen“, die neben dem „eigentümlichen scheibenförmigen Körperchen“ (d. h. den Macronuclei) zu finden sind. Sie wurden von den späteren Forschern nicht beobachtet.

Solche glänzende Kügelchen und öfters glänzende winzige Kristalle habe ich vielmals bei *Op. ranarum* wie auch bei *Op. dimidiata* gefunden. In Analogie mit ähnlichen Gebilden bei anderen Infusorien halte ich sie für Excretionskörperchen. In Opalinen, die direkt aus dem Froschdarm herausgenommen sind, kommen sie verhältnismäßig sehr selten vor. So erkläre ich mir die Tatsache, daß sie den meisten Autoren entgangen sind. Wenn aber die Lebensbedingungen für die Tiere etwas ungünstig werden, erscheinen sie unvermeidlich in großer Menge. Sie treten dann massenhaft bei Tieren auf, die 2—3 Tage ohne Nahrung gehalten werden (Taf. 13 Fig. 3, 4). Sie haben gewöhnlich die Form kleiner Kristalle verschiedener Größe; gegen den Rand des Tieres zu sind sie sehr klein, gegen die Mitte ungefähr doppelt so groß. Ihre Größe beträgt gewöhnlich bis 3 μ. Sie sind stark lichtbrechend, ihre Ränder erscheinen dunkel und wenn sie dicht angehäuft sind, geben sie auch dem Entoplasma ein dunkles Aussehen. Sie erfüllen, wenn massenhaft vorhanden, das ganze Entoplasma und verdecken die Macro- und Micronuclei, die in diesem Fall schwer oder gar nicht sichtbar sind. Bei Opalinen, die in Kulturen gut ernährt werden, erscheinen die Excretionskörperchen in Form winziger Kügelchen oder Kristalle, die in nicht großer Menge zwischen die Macro- und Micronuclei verstreut sind (Taf. 13 Fig. 1, 2). Sehr oft aber sind sie überhaupt nicht zu sehen.

In ganz großen Mengen treten die Excretionskörperchen in erwachsenen Opalinen auf, die im Begriff sind, sich zu encystieren. Die *Op. dimidiata* im Darm gestorbener Frösche, die noch herumschwammen, aber sich bald encystieren sollten, sahen von Excretionskörperchen ganz schwarz aus (Taf. 13 Fig. 8). Dasselbe Aussehen hatten auch die Tiere, die schon ganz encystiert waren. Auch bei

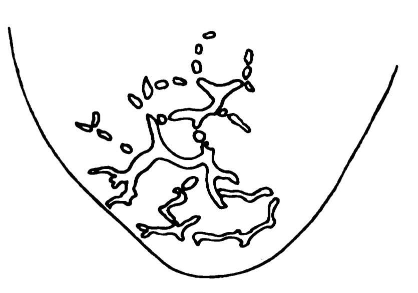
Opalinen in den Kulturen, bei welchen es zur Encystierung kam, war dasselbe zu beobachten. Anfangs erscheinen die Excretionskörperchen in der Mitte, breiten sich allmählich aus und füllen endlich die ganze Cyste an (Taf. 13 Fig. 5—7). Die übermäßige Anhäufung dieser Produkte in den Cysten steht wahrscheinlich mit der verminderten Tätigkeit des Excretionsorganells in Zusammenhang.

Ähnlich wie bei *Op. dimidiata* treten die Excretionsteilchen auch bei den encystierten *Op. ranarum* massenhaft auf. Das ganze Entoplasma wird sehr dunkel und von den Macro- und den Micronuclei ist nichts mehr zu sehen (Textfig. 6).

Bei der Gametenbildung habe ich auch Fälle beobachtet (Taf. 13 Fig. 15d) wo die Excretionskörperchen in ziemlich großen Mengen in der hinteren Hälfte des Körpers auftraten.

B. Excretionskanäle.

Zum erstenmal wurden solche bei den Opalinen mit Sicherheit von Metcalf (33, 35) bei *Op. intestinalis*, *Op. caudata* und *Op. obtrigona* festgestellt. Derselbe hat auch bei den jungen Frühlingsopalinen in den Kaulquappen, wie auch bei den Macrogameten von *Op. intestinalis*, *Op. caudata* und *Op. dimidiata* beobachtet. In allen diesen Fällen besteht das Excretionsorganell aus mehreren Vakuolen, die gewöhnlich zusammenfließen. Bei den flachen Opalinaarten hat Metcalf Spuren von einem Excretionsorganell nur bei *Op. obtrigona* gefunden und zwar in Form eines kleinen Rudiments, das als kleine ellypsoidale oder halbmondförmige Vakuole am Hinterende erscheint. Bei *Op. ranarum* konnte er ein solches Organell nicht feststellen und er glaubt, daß infolge der blattähnlichen Körperform dieses Organell bei den flachen Opalinaarten viel weniger entwickelt sei, als bei den übrigen Arten.



Textfig. 4. Excretionsorganell von *Op. ranarum*. Leitz Obj. 3, Oc. 3.

Es gelang mir aber auch bei *Op. ranarum* ein stark entwickeltes Excretionsorganell festzustellen, das sogar stärker entwickelt war, als bei manchen cylindrischen Arten. Dieses Organell trifft hier in Form eines vielfach verzweigten Kanalnetzes in der hinteren Körperhälfte auf. Die Kanäle bestehen eigentlich aus zusammengeflossenen Vakuolen, welche man auch vereinzelt hier und da finden kann (Textfig. 4).

An Schnitten sieht man, daß diese Kanäle sich nur im Entoplasma verbreiten (Taf. 12 Fig. 44). Die Kanäle und Vakuolen kommen direkt mit den Kernmembranen in Berührung. Keine Pulsation ist zu beobachten. Nach dem Hinterrande zu vereinigen sich die Kanäle nicht in einen gemeinsamen Kanal mit einer einzigen Öffnung, sondern sie sind im hintersten Teil sogar enger und mehr verzweigt als vorn. Die Excretionsöffnungen selbst waren nicht sichtbar; man kann sie aber bei der Ausscheidung der Körperchen leicht erkennen. Gewöhnlich beobachtete ich einen Streifen von solchen Körperchen, der genau von der mittleren Region des Hinterrandes ausging (Taf. 13 Fig. 4). Oft aber sind mehrere solcher Streifen zu sehen, von welchen die mittleren, etwas stärker als die übrigen sind, mit denen sie bis zu einem gewissen Grade verschmelzen. Ich hatte auch Fälle, wo von der ganzen hinteren Kante viele Schnüre ausgingen, die miteinander verklebt waren und eine Excretionsplatte bildeten (Taf. 13 Fig. 3). Das zeigt, daß bei *Op. ranarum* der Excretionsapparat mit mehreren Öffnungen an der Hinterkante nach außen mündet, von welchen die mittlere die größte und öfters in Gebrauch ist.

Die Funktion des Excretionsorganells bei *Op. ranarum* ist nicht immer zu beobachten. Die Excretionsstreifen und -platten sind oft in Kulturen zu sehen, die 1 oder 2 Tage gehungert haben, besonders in den im Spätherbst oder im Winter angesetzten.

Bei den Macrogametocyten und Macrogameten von *Op. ranarum* kommt das Excretionsorganell in Form einiger hintereinanderliegender Bläschen (Taf. 13 Fig. 16a, b, Taf. 12 Fig. 24) wie bei den cylindrischen Opalinen vor, da die Macrogametocyten und Macrogameten selbst bei *Op. ranarum* nicht flach, wie die erwachsenen, sondern spindelförmig sind. Bei den Gametocyten von *Op. ranarum* habe ich auch Excretionsstreifen beobachtet, die aus dem hintersten Punkt des Körpers genau so wie bei *Op. intestinalis* heraus gingen (Taf. 12 Fig. 16a, 18) (vgl. Metcalf, Fig. 147, 248).

Reizbiologie.

Alle Autoren, die über Opalinen gearbeitet haben, bemerken, daß sich die Opalinen immer im Vorderende des Froschenddarmes befinden, wo sie sich in einem Haufen ansammeln. Die Ursache aber dieser Erscheinung blieb ungeklärt. In den Kulturen von Opalinen hatte ich zuerst Gelegenheit zu beobachten, wie sie beim Hineinsetzen in die Flüssigkeit nach dem Boden zu schwammen, was

mit einer Lupe leicht zu verfolgen war. Nach einigen Minuten sammelten sich die Opalinen gewöhnlich am Boden des Glases; das war eigentlich die Ursache, weshalb ich die Opalinen gewöhnlich in kleinen Zentrifugalgläschen zu züchten pflegte.

Um den Grad dieser positiven Geotaxis zu bestimmen, machte ich wiederholt den folgenden Versuch. Ich füllte ein ca. 3 mm breites und 25 cm langes Rohr mit ausgekochter Pütter'scher Flüssigkeit, stellte mit einer feinen Pipette *Op. ranarum* an einem Punkt hinein und ließ das Rohr horizontal liegen. Im Laufe 1 Stunde blieb die Hauptmasse der Opalinen ungefähr auf derselben Stelle liegen. Wenn ich ein solches Rohr (das an beiden Enden luftdicht zugestopft wurde) unter ca. 45° schräg stellte, sammelten sich die Opalinen binnen 1/4 Stunde am unteren Ende. Wenn ich das Rohr nur ca. 20° schräg stellte, sammelten sie sich auch unten, aber es dauerte ein wenig länger, 30—40 Minuten. Mit der Lupe konnte ich die Bewegungen der Tiere beobachten, die herumschwammen und immer tiefer nach unten rückten.

Dieselben Versuche machte ich auch mit *Op. dimidiata* und bekam dieselben Resultate.

Der Mechanismus dieser Erscheinung scheint mir, wenigstens bei *Op. ranarum*, sehr einfach zu sein. Wenn man die Form dieser Opalinen untersucht, findet man, daß das Vorderende gewöhnlich spitz, das Hinterende bedeutend breiter und außerdem das Vorderende viel dicker als das hintere ist. Das Vorderende hat immer die Tendenz sich nach unten zu richten, nicht nur, weil es schwerer ist, sondern auch, weil das breitere Hinterende beim Sinken einen größeren Widerstand des Wassers zu überwinden hat. Der ganze Körper von *Op. ranarum* ist gleichmäßig mit Cilien bedeckt, die die Treibkraft erzeugen, ohne die ausschließliche Rolle bei der Bestimmung der Schwimmrichtung zu spielen. Die Bestrebung der Opalinen, sich immer nach unten zu richten, hat denselben Effekt, wie die Geotaxis anderer Infusorien, obwohl dort die Erscheinung gewöhnlich auf eine andere Weise erklärt wird. Der Einfachheit halber aber bezeichne ich sie auch bei Opalina als Geotaxis.

Wir haben schon gesehen, daß *Opalina ranarum* auch auf andere Weise zu schwimmen imstande ist, wobei sie ihre Steuervorrichtung benutzt, d. h. die Körperränder verschiedenartig umbiegt. Bei solch einem Schwimmen können sich die Opalinen in verschiedenen Richtungen bewegen, sogar auch aufwärts. Sie machen aber nicht immer von der Steuervorrichtung Gebrauch und infolgedessen haben sie gewöhnlich die Tendenz, sich stets nach unten zu richten.

Hat die positive Geotaxis irgendwelche biologische Bedeutung für die Tiere? Das wird leicht ersichtlich, wenn wir die Lage des Enddarms des Frosches in Betracht ziehen. Die Kloake liegt beim Frosch dorsal, das Ende des Dünndarms ventral und der Enddarm ist nach oben und etwas schräg nach hinten gerichtet. Wenn die Opalinen sich frei im Enddarm bewegen, haben sie immer die Tendenz, sich nach dem vorderen Ende des Enddarms, das tiefer liegt, zu richten und sich dort anzusammeln. Auf diese Weise werden die Opalinen mit der Kotmasse nicht ausgeworfen.

Spielt dabei nicht etwa die Bestrebung nach den aus dem Dünndarm kommenden Nahrungssäften eine gewisse Rolle? Zeigen die Opalinen nicht eine positive Rheotaxis? Ein ca. 8 mm breites und 30 cm langes Gasrohr wurde mit ausgekochter Pütter'scher Flüssigkeit gefüllt und mit einer Vorrichtung versehen, dank welcher die Flüssigkeit tropfenweise zu- und abfließen konnte. An eine Stelle im Glasrohr, das horizontal lag, setzte ich eine große Anzahl von *Op. ranarum*. Anfangs brachte ich die Flüssigkeit in außerordentlich schwache Bewegung, indem ich hin und wieder nur einen Tropfen ausfließen ließ. Die Opalinen zeigten keine Reaktion. Als die Strömung etwas stärker gemacht wurde, fingen die Opalinen an, sich in deren Richtung langsam zu bewegen. Während ich die Strömung ganz vorsichtig verstärkte, zeigten die Opalinen in keinem Momente irgendwelche Tendenz, stromaufwärts zu schwimmen. In der Zeit, wo die Opalinen bei sehr schwacher Strömung langsam in der Richtung schwammen, erhob ich das eine Ende des Rohres so, daß es nicht mehr horizontal, sondern unter einem Winkel von ca. 20° lag. Obwohl das Wasser im Rohr immer noch ganz langsam nach oben floß, fingen die Opalinen jetzt in entgegengesetzter Richtung zu schwimmen an und strebten nach dem unteren Ende des Rohres. Ein ca. 5 cm langer Ring aus schwarzem Papier, an dem sie vorbei mußten, übte keine Wirkung auf sie aus; das dunkle Feld wurde genau so passiert, wie das helle.

Die Opalinen zeigen also keine Rheo- oder Heliotaxis, sondern nur eine positive Geotaxis. Die Geotaxis ist aber so stark, daß sie den Opalinen ermöglicht, sich sogar gegen eine Strömung nach unten zn bewegen. Diese Fähigkeit hat auch biologische Bedeutung für diese Infusorien. Infolge der ständigen Zufuhr von Nahrungsresten aus dem Dünndarm, kommt es im breiten Enddarm des Frosches zu einer schwachen Bewegung, nach der Kloake zu. Die Opalinen aber überwinden diese Bewegung, wie bei meinem Versuch, und verlassen das Vorderende des Enddarms nicht. Nur die Stadien der

Opalinen, die die Bewegungsfähigkeit verloren haben, lassen sich von der Strömung mitschleppen und zusammen mit der Kotmasse hinauswerfen; das ist der Fall bei den Infektionscysten, die zu ihrer Entwicklung den Enddarm verlassen müssen. Andererseits können die Opalinen, die sich am Vorderende des Enddarms anhäufen, nicht weiter nach vorn schwimmen, weil im engen Dünndarm, dessen unterster Teil fast horizontal liegt, infolge der peristaltischen Bewegung ständig eine ziemlich starke Strömung nach dem Enddarm zu herrscht. Da dies die richtige Erklärung ist, zeigt uns das Verhalten der Opalinen im gestorbenen Frosch: dort verlassen die meisten Opalinen den Enddarm urd dringen in den hintersten Teil des Dünndarmes ein. Es ist nicht ausgeschlossen, daß dabei auch eine positive Chemotaxis in Wirkung tritt, weil der Dünndarm die Quelle der Nahrung für die Opalinen darstellt.

Um die biologische Bedeutung der positiven Geotaxis zu prüfen, habe ich eine Anzahl von lebenden Fröschen auf den Rücken gelegt, einige Stunden lang so liegen lassen und dann auf Opalinen untersucht. Einige der Frösche hatten den Enddarm mit sehr dickem Inhalt gefüllt, wodurch es den Opalinen unmöglich war, durchzudringen; in diesen Fröschen befanden sich die Opalinen noch am Vordererde des Enddarms. In den Fröschen aber, wo der Darminhalt etwas flüssiger war, konnten die Opalinen nach unten schwimmen und ich fand eine ganze Menge von *Op. ranarum* in der hinteren Hälfte des Enddarms.

Die biologische Bedeutung der Geotaxis läßt sich am besten bei den Stadien in den Kaulquappen sehen. Der Enddarm der Kaulquappen liegt nicht nach oben gerichtet, wie beim erwachsenen Frosch, sondern horizontal, im hintersten Abschnitt sogar etwas nach unten gerichtet. Bei dieser Stellung hätten die Opalinen mit ihrer positiven Geotaxis den Enddarm bald verlassen. Die Stadien von Opalinen, die sich in den Kaulquappen aus den Infektionscysten entwickeln, zeigen aber eine ganz andere Körperform und weisen keine positive Geotaxis auf. In einem schräg gestellten Rohr bleiben sie ungefähr dort, wohin man sie setzt. In den Kulturgläschen sammeln sie sich nicht am Boden wie die erwachsenen; das tun sie nur, wenn sie schon im Begiff sind, abzusterben.

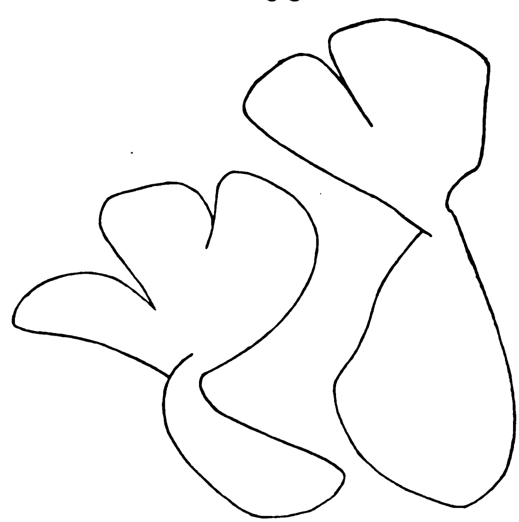
Die Agamonten, die sich in den Kaulquappen entwickeln, weisen auch keine positive Geotaxis auf. Bemerkenswert ist, daß die Agamonten, wie wir später erörtern werden, nicht bis zur Größe der Froschopalinen heranwachsen, sondern sehr klein bleiben und sich bei dieser Größe zu teilen anfangen. Auf diese Weise vermeiden

sie das frühzeitige Erreichen des Zustandes der erwachsenen, der von der positiven Geotaxis begleitet ist, die jetzt einen Nachteil für die Tiere wäre. Die Umwandlung der Opalinen in solche mit positiver Geotaxis kann erst dann geschehen, wenn sich der Enddarm der Kaulquappen schon in den nach oben gerichteten Enddarm des jungen Frosches umgewandelt hat. Die Entwicklung der Parasiten in Beziehung auf ihre Geotaxis steht also mit der Entwicklung des Wirtes im Einklang.

Vermehrung der Opalinen durch Teilung.

Die Teilung der vielkernigen Opalinen zeigt die Eigentümlichkeit, daß sie mit der Kernteilung nicht streng parallel vor sich geht. Infolgedessen können Individuen entstehen, die nach ihren Dimensionen, wie auch nach der Zahl der Kerne, sehr verschieden sind.

Die Teilung der Micro-, wie auch die der Macronuclei vollzieht sich während des ganzen Jahres, aber man findet zu jeder Zeit Individuen, in denen eine ungewöhnlich große Zahl von Macro- oder Micronuclei in Teilung geraten sind. Die Individuen von *Op. ranarum* und *Op. dimitiata*, die ich in solchem Zustande beobachtet habe, waren nicht im Momente der Zellteilung. Die stärkste Kernteilung also ist auch nicht immer mit der Zellteilung verbunden.



Textfig. 5. *Op. ranarum*. In Teilung begriffene Individuen, die sich nicht voneinander trennen. Leitz Obj. 3, Oc. 3.

In den Kulturen habe ich Fälle beobachtet, wo die Tochterindividuen in einer neuen Teilung begriffen waren, bevor sie sich voneinander getrennt hatten. Auf diese Weise bekommen wir, wenn nur eines von beiden Individuen in zweite Teilung geriet, eine Art vorübergehende „Kolonie“ von drei Individuen; wenn aber beide Individuen der ersten Teilung sich vor der Trennung wieder teilen, bekommen wir eine solche „Kolonie“ von vier Individuen (Textfig. 5).

In der Periode der Cystenbildung geht die Zellteilung in einem viel schnelleren Tempo vor sich und führt endlich zur Bildung von winzigen Individuen, die sich später encystieren. Die Längsteilung, die sonst den fast ausschließlichen Teilungstypus darstellt, wird jetzt auch von Teilung in verschiedener Richtung begleitet. Es kommen sogar Fälle vor, wo die Teilung in der Mitte von *Op. ranarum* anfängt. Es ist interessant zu bemerken, daß es eine Ähnlichkeit zwischen den Frühlingsteilungen, die der Geschlechtsvermehrung vorangeht, und der Vermehrung in den Kulturen besteht, die nicht gut gedeihen. Auch dort findet man Teilungen in verschiedenen Richtungen, wie auch Löcher in der Mitte des Körpers als Anfang einer Teilung.

Die Eigentümlichkeit der Teilung der vielkernigen Opalinen unterstützt die Auffassung, daß diese Infusorien von Formen mit einem Micronucleus abstammen: die Zellteilung ist bei den verschiedenen Arten im Vergleich mit der Kernteilung in verschiedenem Grade zurückgeblieben. Bei ein und derselben Art bleibt die Zellteilung zu verschiedenen Jahreszeiten nicht im gleichen Grade zurück.

Cystenbildung.

A. Dauercysten von Opalinen.

In einer Kultur von *Op. dimidiata*, der ich einige Tropfen sehr verdünnte Lösung von Traubenzucker (1:400) zugesetzt hatte, fand ich im Dezember encystierte erwachsene Tiere (Taf. 13 Fig. 5). Der Körper war etwas zusammengezogen, mit einer dicken Hülle versehen, die noch keine besondere Struktur besaß. Die Cilien, wie auch die Kerne waren nicht sichtbar. Der Inhalt sah ziemlich dunkel aus und gegen die Mitte zu befand sich ein Haufen von stark lichtbrechenden Tröpfchen und Kristalle von verschiedener Größe. Diese Dauercyste beobachtete ich noch einige Tage lang. Am nächsten Tag zeigte sich schon eine doppelte Hülle: Die äußere ganz hell und nicht gleichmäßig dünn, die innere fester. In der Mitte befanden sich schon viel mehr Tröpfchen, die kleiner waren, aber einen größeren Teil des Zellkörpers besetzten (Taf. 13 Fig. 6). In einem späteren Stadium hatte sich die innere Hülle verdoppelt und wies eine charakteristische Struktur auf (Taf. 13 Fig. 7, 8). Bei stärkerer Vergrößerung (Taf. 13 Fig. 7b) sah die innere Hüllenschicht wie aus radiär gestellten Säulen zusammengesetzt aus, die in ihrer Mitte einen Querstreifen hatten. Auf dieser Säulenschicht lag eine ganz dünne, helle, strukturlose Hülle; nach innen grenzte dieselbe Säulen-

schicht an den Zellinhalt. Dieser ganze Inhalt war mit Tropfen angefüllt und sehr dunkel. Gewöhnlich waren einige encystierte Tiere an einem Ende miteinander zusammengeklebt.

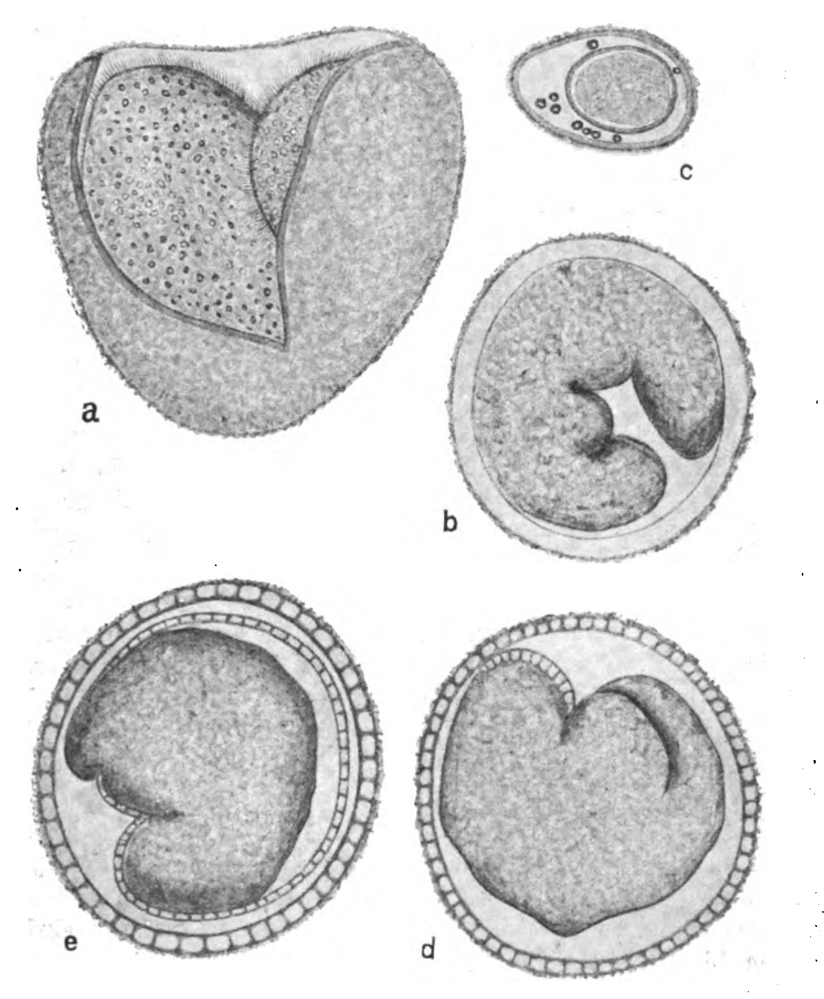
Die Schnitte von solchen Cysten, die mit Sublimateisessig fixiert und mit Hämatoxylin nach Delafield gefärbt waren, zeigten genau die Struktur der gewöhnlichen nichtencystierten *Op. dimidiata.* Die Macro- und Micronuclei hatten das gewöhnliche Aussehen, einige Micronuclei waren im Prozeß der Teilung begriffen. Das Zellgerüst fehlte auch nicht und war im Ruhezustand (Taf. 12 Fig. 10).

Es ist klar, daß diese Dauercysten mit der Vermehrung nichts zu tun haben, sondern ein Mittel zur Lebenserhaltung der Tiere bei ungünstigen Umständen darstellen. Sie entsprechen also den Dauercysten, die auch bei anderen Infusorien bekannt sind. Sie müßten aber auch in der Natur vorkommen. Und in der Tat fand ich sie im Darm gestorbener Frösche. Darauf machte ich folgenden Versuch. Ich spritzte (im Januar) *Op. dimidiata* in den Dünndarm getöteter Frösche hinein, konnte auf diese Weise Schritt für Schritt den ganzen Prozeß der Encystierung verfolgen. 3—4 Tage leben die meisten Tiere in der Leiche frei; sie wurden nur dunkler, infolge der vielen angehäuften Excretionsteilchen. Später aber suchten alle Tiere in den Schleim des Darmes hineinzudringen, wobei sie diese Masse mit dem Vorderende durchbohrten. Sie machten sich im Schleim eine Art von Nestern, drehten sich lange Zeit darin herum und sonderten eine Gallertmasse aus, die eine Hülle um sie bildete (Taf. 13 Fig. 8). Diese Hülle wurde immer dicker und fester und bekam nach und nach die oben beschriebene Struktur; die Cilien wurden dabei unsichtbar und der Inhalt sehr dunkel.

Denselben Versuch machte ich auch mit einer flachen Art, nämlich mit *Op. ranarum* und bekam ähnliche Cysten. Es encystierten sich die großen, wie auch die kleinsten vorhandenen Individuen. Über dem Tiere bildete sich eine ziemlich dicke Hülle, die klebrig und infolgedessen immer mit Schmutzpartikelchen dick bedeckt war (Textfig. 6). Diese Tiere bogen sich verschiedenartig und besaßen noch bewegliche Cilien (a). In manchen Cysten war das Tier so gebogen, daß man den Eindruck bekam, als ob darin zwei Individuen nebeneinanderlagen. Eine nähere Untersuchung aber ergab, daß immer nur eine Opaline in den Cysten vorhanden war. Der Inhalt der Zellkörper sah auch bei diesen Cysten sehr dunkel aus, die Macro- und Micronuclei konnten in vivo nicht gefunden werden. Die Cysten waren grün. Diese Farbe aber hatten

die noch nicht encystierten Opalinen, was sehr oft zu beobachten ist, wenn der Inhalt des Froschdarms grün gefärbt ist.

So sahen die Cysten am dritten Tage nach der Encystierung im Darm des getöteten Frosches aus, wo einzelne Individuen noch



Textfig. 6. Dauercysten von *Op. ranarum*. a durch Druck geplatzte, b ganze Cyste; c kleine Cyste mit Doppelhülle; d Cyste mit äußerer Hülle und charakteristischer Struktur; e beide Hüllen der Cyste mit solcher Struktur.

frei herumschwammen. Am 4. Tage waren bei den meisten Tieren die Cilien nicht mehr sichtbar. Am 5. Tage fand ich schon zwei voneinander getrennte Hüllen. Die äußere war sehr hell und deut-

lich, die innere etwas dünner, aber fester. Sie besaßen keine besondere Struktur (Textfig. 6c). Im Zwischenraum zwischen beiden Hüllen lagen immer einige helle Tropfen verschiedener Größe. Der Inhalt des Körpers war noch dunkler. Obwohl ich keine Cilien sah, wies das Tier schwache Bewegungen auf, die an einem „Fließen“ des Inhaltes leicht bemerkt werden konnten. Am 7. Tage hatte die Hülle schon eine Struktur, die der Hüllenstruktur von *Op. dimidiata* sehr ähnelte. Das Tier lag darin zusammengezogen, bewegungslos, mit einem noch dunklen, körnigen Inhalt; keine Cilien machten sich bemerkbar. An einer Stelle dicht über dem Körper war der Anfang einer anderen inneren Hülle sichtbar, die fast dieselbe Struktur wie die äußere besaß, aber dünner war (Textfig. 6d). Die vollste Ausbildung erreichten die Cysten am 10. Tage. Beide Hüllen hatten eine deutliche Struktur und die innere erstreckte sich über den ganzen Körper. An manchen Stellen lag sie dicht darüber, an anderen bildete sich zwischen dem Körper und der Hülle ein Raum (Textfig. 6e).

Nach dem Zerfall des Wirtskörpers gelangen die Dauercysten von Opalinen ins Wasser und dort können sie, dank ihrer festen Hüllen, wahrscheinlich sehr lange Zeit aushalten, bis sie eventuell von Kaulquappen aufgenommen werden. Es ist bekannt (Metcalf 35, p. 315), daß die Kaulquappen sich nicht nur mit Infektionscysten, sondern auch mit erwachsenen Opalinen infizieren lassen, wenn solche an sie verfüttert werden. Sie können sich also auch mit Dauercysten von erwachsenen Opalinen infizieren. Andererseits müssen wir erwähnen, daß die Zeit, wo die Frösche am meisten sterben, und zwar der Winter, das Frühjahr und die Laichperiode, von der Saison der Entwicklung der Kaulquappen nicht sehr entfernt ist.

Die Dauercysten von Opalinen waren bis jetzt nicht bekannt. Léger u. Duboscq haben außer den gewöhnlichen Infektionscysten noch zwei Sorten von Cysten bei *Op. ranarum* beobachtet und zwar: endogene Cysten, bei welchen sich im Innern der Opalinen Infektionscysten bilden und Conjugationscysten, bei welchen sich zwei Individuen in einer Infektionscyste zusammen encystieren. Die von mir beobachteten Dauercysten von erwachsenen Opalinen können nicht die von Léger u. Duboscq sein. Die Dauercysten von Opalinen sind um so interessanter, als sie die Tiere nicht gegen Austrocknung schützen, wie es bei den Infusorien gewöhnlich der Fall ist, sondern in Zusammenhang mit der Änderung der Lebensbedingungen im Wirtstier selbst stehen.

B. Bildung von Infektionscysten.

Wie schon seit ZELLER bekannt ist, geraten die Opalinen in bestimmten Zeiten im Frühling, je nach der Art, in einen Zustand sehr schneller Teilung, die endlich zur Bildung der Infektionscysten führt. In dieser Beziehung kann ich nur die von ZELLER, NERESHEIMER u. a. gemachten Beobachtungen bestätigen. Bei *Op. ranarum* hören die kleinen Individuen vor der Cystenbildung auf, sich zu bewegen, drehen sich sehr schnell um sich selbst herum, wobei sie eine Gallertmasse ausscheiden. Es kommt ein Moment, wo das Tier ganz in dieser Masse liegt und sich nicht mehr bewegt, da seine Cilien in dem Schleim festkleben (Taf. 13 Fig. 9 a). Dann aber zieht sich die Gallerthülle etwas zusammen, wird dünner, aber fester, und die Cilien werden wieder frei und machen sich durch ihre Bewegungen bemerkbar (Taf. 13 Fig. 9 b). Die Größe dieser Cysten wie auch die Zahl ihrer Micronuclei ist ziemlich verschieden (von 30—70 μ).

Das ist die gewöhnliche Art der Cystenbildung, die sämtliche Autoren seit ZELLER beobachtet haben. Ich fand aber auch eine zweite Art der Cystenbildung bei *Op. ranarum*, die bis jetzt nicht beobachtet worden ist. Das ist die Bildung der Infektionscysten im Innern der encystierten erwachsenen Opalinen.

Diese Cysten (Taf. 13 Fig. 13) sind aus zwei Hälften zusammengesetzt, die eine konische Form haben und durch eine sehr lockere Masse untereinander verbunden sind. Die beiden Hälften sind aus einer hornartigen, braunschwarzen, sehr harten Substanz gebaut und bestehen aus zwei ineinandergelegten Schälchen; manchmal sind es auch mehr als zwei (Taf. 12 Fig. 25). In dem Inneren befinden sich die Infektionscysten selbst (Taf. 13 Fig. 10), die in einer Masse liegen, die eine Art Restkörper darstellt. Die beiden Hälften der Cyste sind meistens, infolge der sehr lockeren Verbindung, schon voneinander getrennt (Taf. 13 Fig. 12), so daß ich unter den vielen Hunderten von Cystenhälften nur hier und da eine ganze Cyste finden konnte.

Die Infektionscysten, die in diesen Gebilden lagen, hatten das Aussehen der gewöhnlichen Infektionscysten. In manchen Fällen konnte ich solche Cysten beobachten, die nicht vollkommen gebildet waren (Taf. 13 Fig. 11). Sie stellten Stücke vom Opalinenkörper dar, die sich getrennt hatten und im Begriff waren, eine Hülle um sich herum auszuscheiden. Sie hatten sich noch nicht abgerundet, die Cilien aber waren nicht mehr sichtbar.

In demselben Frosch, wo ich eine ganze Masse von Infektionscysten enthaltenden Cysten fand, waren auch viele kleine Opalinen vorhanden, die gewöhnliche Infektionscysten bildeten. Auf fixierten und gefärbten Präparaten (Taf. 12 Fig. 25), wo die großen Cysten schon durchsichtig sind, kann man auch die Anordnung der Infektionscysten in derem Inneren beobachten. Die letzten waren meistens gegen die Spitzen der großen Cysten gruppiert, wobei jede Infektionscyste in einer kleinen Vertiefung lag.

Alle Infektionscysten, von kleinen Opalinen oder in encystierten erwachsenen Tieren gebildet, haben sehr starke Hüllen, die ihre Lebensfähigkeit sichern, wenn sie auch einige Wochen im Wasser gelegen haben. Wegen dieser starken Hüllen lassen sich die Cysten gewöhnlich sehr schwer fixieren und färben; verhältnismäßig am leichtesten gelingt die Fixierung mit Pikrinessigsäure und die Färbung mit Hämatoxylin nach Delafield. An solchen Präparaten kann man deutlich neben einigen Micronuclei auch eine ganze Menge Macronuclei sehen (Taf. 12, Fig. 26, 30 f.). Weder bei den Micronuclei, noch bei den Macronuclei der Infektionscysten habe ich Teilungsmomente festgestellt.

Léger u. Duboscq haben bei *Op. ranarum* endogene Cysten beschrieben, die sich im Körper dieser Infusorien bilden und ihn später verlassen. Obwohl eine gewisse Ähnlichkeit zwischen diesen Cysten und den von mir beschriebenen besteht, halte ich sie für verschieden, weil meine Cysten im Innern eines encystierten Tieres entstehen und erst nach dem Platzen dieser Cyste frei werden.

Ich hatte eine ganze Menge von fertig gebildeten Cysten von *Op. ranarum*, die endogene Infektionscysten enthielten. Mir fehlten aber die früheren Stadien dieser Gebilde. Deshalb sollen künftige Untersuchungen ihre Bildung wie auch ihre biologische Bedeutung klar machen.

C. Anlaß zur Bildung der Infektionscysten.

Die Bildung der Infektionscysten gerade in der Laichzeit der Frösche ist eine leichtbegreifliche biologische Anpassung der Opalinen. Wodurch aber wird das bewirkt? Steht die Bildung der Cysten in Zusammenhang mit dem physiologischen Zustande des Wirtes? Wird die Bildung der Cysten etwa von den Hormonen des Wirtes auf irgendwelche Weise hervorgerufen oder ist sie umgekehrt von Faktoren abhängig, die im Parasit selbst zu suchen sind?

Im Januar hielt ich einige *Rana temporaria* in einem Raum bei 16—18° C Temperatur; nach 2 Wochen fand ich im Enddarm Cysten,

aber nur sehr wenige. Alle übrigen Tiere waren nicht in die charakteristische Teilung geraten, die zur Bildung von Infektionscysten führt. Solche Cysten im Winter hat auch ZELLER (54, p. 356) erzielt. Die Frösche selbst wurden nicht brünstig, was uns zeigt, daß die Bildung der Cysten nicht von einer Änderung des physiologischen Zustandes des Wirtes verursacht wird. In der Laichzeit habe ich junge *R. temporaria* untersucht und wie LÖWENTHAL Infektionscysten massenhaft gefunden; dasselbe Resultat erhielt ich auch mit jungen *R. esculenta.* Das ist ein weiterer wichtiger Beweis, daß zur Bildung dieser Cysten ein Brunstzustand des Wirtes nicht erforderlich ist.

Die Nahrung des Wirtes kommt hier auch nicht in Betracht. Die Frösche, die den ganzen Winter über gehungert hatten, enthielten im April Massen von Infektionscysten, obwohl sie immer noch keine Nahrung bekamen.

Die Temperatur allein kann uns die Erscheinung auch nicht erklären. Im Januar brachte sie zur Teilung und Cystenbildung nur einzelne Individuen, die Mehrzahl aber blieb unbeeinflußt. Andererseits scheint die Temperatur bei verschiedenen Arten nicht dieselbe Bedeutung zu haben. *R. temporaria* enthielt kurz nach den Frösten, einige Tage nachdem sie vom Winterschlaf erwacht, Massen von Cysten, weil die Laichzeit bei dieser Art sehr früh beginnt. *Bombinator* wieder habe ich mit *Op. intestinalis* und *Op. caudata* noch am 12. April ohne Cysten gefunden; diese enthielt auch noch am 15. Mai keine Cysten; ein ganzer Monat Wärmezeit war für sie nicht genügend, die Bildung der Infektionscysten herbeizuführen. Biologisch ist das leicht erklärlich, weil diese Art erst zu Anfang Juni laicht. Andererseits kommt es im Sommer, wenn die Temperatur am höchsten ist, nur ausnahmsweise zur Bildung von Infektionscysten. Die Temperatur allein kann uns also keine entscheidenden Aufschlüsse zur Klärung der Frage geben.

Wir sind gezwungen, anzunehmen, daß die Hauptfaktoren im Parasiten selbst liegen. In den Opalinen müssen sich manche Prozesse abspielen, die die Teilung zur Cystenbildung vorbereiten. Einer von diesen Prozessen scheint auch die Anhäufung von Reservenahrungsstoffen im Endoplasma zu sein, die die Produktion ungeheurer Mengen von Cysten nach schneller Teilung in kurzer Zeit ermöglicht. Die Reservestoffe werden nicht in Form von festen Körperchen aufgespeichert, weil keine neuen derartigen Körperchen in der Periode vor der Cystenbildung im Entoplasma auftreten; sie kommen wahrscheinlich in Form von gelösten Substanzen ins Ento-

plasma. Infolgedessen macht sich ein Unterschied in der Färbung der Opalinen im Herbst und Frühling auffallend bemerkbar. Das Entoplasma bei *Op. ranarum* färbt sich im Herbst sehr schwach und läßt sich leicht differenzieren, im Frühling färbt es sich umgekehrt sehr stark und gute Differenzierung ist manchmal fast unmöglich. Deshalb eignen sich die Opalinen zu cytologischen Untersuchungen am besten im Spätherbst oder im Winter.

Die Anwesenheit reichlicher Reservestoffe in den Opalinen in der Laichzeit läßt sich auch experimentell nachweisen. Am 6. März setzte ich folgende Kulturen von *Op. ranarum* an. I. Gruppe, 4 Kulturen: Tägliche Fütterung $2^1/_2$ Stunden mit sterilem, pulverisiertem und abgekochtem Eiweiß, dann mehrmalige Durchspülung mit reiner PÜTTER'scher Flüssigkeit. II. Gruppe, 4 Kulturen: behandelt wie Gruppe I, die Nahrung aber nach nur 5 Minuten entfernt. III. Gruppe, 4 Kulturen: keine Nahrung, bekamen aber das Wasser von der letzten Durchspülung der Kulturen von der Gruppe I. IV. Gruppe, 4 Kulturen: keine Nahrung, Wechseln der Flüssigkeit wie bei den übrigen Gruppen.

Jeden Tag wurden alle Kulturen in neue Gläschen gebracht. Bis zum 16. März lebten alle Kulturen gut. Am 18. März waren schon viele Individuen von den Kulturen der Gruppen II, III und IV gestorben, die Kulturen der Gruppe I waren normal. Am 20. März waren nur noch einzelne Individuen in den Gruppen II, III und IV lebendig, am 23. März waren alle Kulturen dieser Gruppen abgestorben. Die Kulturen der Gruppe I lebten immer noch, wurden bis zum 1. April geführt und dann vernichtet.

Wie wir schon gesehen haben, können die *Op. ranarum* im Herbst und Winter einen Hunger von 4—6 Tagen aushalten; hier hielten 12—17 Tage aus. Diese Untersuchungen unterstützen andererseits nochmals die Behauptung, daß die Opalinen auch feste Partikelchen ausnutzen können. Die Kontrollkulturen der Gruppen II und III zeigen uns einerseits, daß eine ganz kurze Zeit von 5 Minuten den Opalinen nicht genügt, die Eiweißpartikelchen auszunutzen, andererseits tritt zutage, daß die Opalinen der Gruppe I nicht etwa von den Resten der Nahrung lebten, die in den Gläschen blieben und später von den Bakterien zersetzt wurden. Denn mit der Flüssigkeit, die die letzte Durchspülung der Gruppe I ergab, konnten die Opalinen der Gruppe III, denen sie zugegeben wurde, nicht leben: sie enthielt also keine Nahrungspartikelchen mehr.

D. Direkte Umwandlung von Infektionscysten in Agamonten.

Bei den Infektionsversuchen mit Kaulquappen habe ich bemerkt, daß neben den verschiedenen Stadien der Gametenbildung, wo die Macronuclei im Prozeß des Zerfallens begriffen waren, sich auch viele kleine Opalinen befanden, wo dieser Prozeß nicht eingetreten war, die also keine Stadien der Gametenbildung darstellen konnten. Ich stellte neue Infektionsversuche an und beobachtete die Entwicklung der jungen Tiere vom Ausschlüpfen bis zur Zeit der Copulation, die erst vom 3. Tage an stattfand. In der Tat fand ich schon am 2. Tag junge Opalinen, die die charakteristische Form der Agamonten besaßen und die Macronuclei enthielten, die gar nicht verändert waren und das Aussehen der Macronuclei der Infektionscysten hatten (Taf. 13 Fig. 27 a, b). Als die in Gametenbildung begriffenen Tiere sich teilten, immer kleiner wurden und am 3. und 4. Tag die kleinsten Dimensionen erreichten, wuchsen die oben genannten Opalinen immer weiter heran und schon am 4. Tag erreichten sie die Größe von 85 μ, die Maximalgröße, die ich überhaupt bei den Opalinen der jungen Kaulquappen gemessen habe (Taf. 13 Fig. 28 a, b). Die Zahl der Micronuclei hatte zugenommen, die zahlreichen Macronuclei zeigten das gewöhnliche Aussehen und bei Färbung ließen sich noch deutlicher erkennen; im Entoplasma waren auch kleine Excretionskörperchen vorhanden. Die Cilien bedeckten den ganzen Körper, das Hinterende nicht ausgenommen.

Welches die Bedingungen sind, von denen abhängt, ob eine Infektionscyste sich zu Gameten oder direkt zu Agamonten entwickelt, das konnte ich nicht ermitteln.

Geschlechtliche Vorgänge.

A. Gametenbildung.

Zum ersten Male wurde Gametenbildung und Copulation bei Opalinen von Neresheimer beschrieben; später bestätigte sie Metcalf. Einzelne Momente der Gametenbildung sind auch früher von verschiedenen Autoren (Engelmann, Zeller, Léger und Duboscq) beobachtet und abgebildet worden, aber niemand hat ihnen die richtige Bedeutung zugeschrieben.

Lebendige Gameten sah Neresheimer nur bei *Op. dimidiata*; einige solche Stadien von *Op. ranarum* sind ihm von gefärbten

Präparaten bekannt. Den Copulationsvorgang hat er auch nur bei *Op. dimidiata* verfolgt und zwar in einem einzigen Fall. Die Größendifferenzen der Gameten sind nach Neresheimer nicht sehr bedeutend und er bezeichnet die Gameten als Isogameten. Nach der Copulation nimmt die Zygote eine Birnenform an, später wird sie ganz kugelförmig, bekommt eine Hülle und tritt so in das Stadium der Cystozygote. Diese letzte verhält sich nach Neresheimer ganz wie die Infektionscysten: das Tier zeigt anfangs keine Cilien und füllt seine Hülle vollständig aus, später ist der Cilienbesatz wieder deutlich zu erkennen und das Tier rollt sich im Innern der Cyste wieder in Windungen auf. Das Ausschlüpfen der jungen Agamonten aus der Cystozygote hat Neresheimer auch nicht verfolgt. Er beschreibt aber junge Agamonten, in denen „die Kügelchen, resp. die scheibenförmigen Körperchen wieder reichlich auftreten". Mit dem Heranwachsen der Agamonten „ist auch die normale Menge der Kügelchen und scheibenförmigen Körperchen schon wieder erreicht" (38, p. 30).

Metcalf, der die Gametenbildung und Copulation, besonders die Kernerscheinungen, die sich dabei abspielen, eingehend verfolgt hat, ist in zwei wesentlichen Punkten mit Neresheimer nicht einverstanden. Er hat seine Untersuchungen über *Op. intestinalis*, *Op. caudata* und *Op. dimidiata* gemacht und überall eine ausgesprochene Anisogamie festgestellt. Die von Neresheimer bei *Op. dimidiata* beobachtete Copulation hält Metcalf für keine echte Copulation, sondern für eine anormale Annäherung von zwei Macrogametocyten. Die Gametenbildung und Copulation bei *Op. ranarum* ist auch Metcalf nicht bekannt.

Die Encystierung der Zygoten, die Neresheimer bei *Op. dimidiata* beobachtet und abgebildet hat, hält Metcalf für anormal. „There seems no doubt that these instances of encystment and all others observed were abnormal and pathologic. I have never found encysted zygotes in material from old infections and I believe encystment after copulation does not normally occur" (35, p. 296).

Lange Zeit aber vor Neresheimer hatten Engelmann und Zeller dieselben Cystozygoten bei *Op. ranarum* sicher gesehen und beschrieben, ohne zu vermuten, daß sie das Endresultat eines Geschlechtsprozesses darstellen. Diese Beobachtungen machten auch Metcalf in seiner Ablehnung der Cystozygoten unsicher. „On other hand, schreibt er, the description by Engelmann and by Zeller for multinucleated *Opalinae*, of uninucleated cysts with large nuclei, in the

recta of the tadpoles, seems to indicate the presence of a second type of cysts, which might well be copulation cysts“ (p. 297).

Und zum Schlusse sagt er: „Encystment after copulation seems to be doubtful. The matter needs further study“ (p. 297).

Ich habe versucht, diese beiden Fragen, nämlich die Frage nach der Iso- oder Anisogamie und nach den Cystozygoten und deren biologischen Bedeutung bei *Op. ranarum* zu erforschen, wo eben die Gametenbildung und Copulation bis jetzt nicht bekannt waren.

Enddarminhalt von *R. temporaria*, der reichlich Infektionscysten von *Op. ranarum* enthielt, ließ ich 2—7 Tage in Wasser liegen, damit alle nichtencystierten Opalinen getötet würden. Mit solchen Cysten wurden mehrmal Kaulquappen infiziert, die aus Laich gezüchtet, mit abgekochter Nahrung gefüttert und infolgedessen nicht infiziert waren.

Zwei Stunden nach der Infektion findet man schon ausgeschlüpfte junge Tiere, die den Enddarm der Kaulquappen erreicht haben, wie auch noch ganze Cysten, die überall im Darmkanal verstreut sind und sich in Vorbereitung zum Ausschlüpfen befinden. Beim Ausschlüpfen durchbohrt das Tier mit dem Vorderende die schon sehr dünn und zart gewordene Cystenhülle, läßt sein Vorderende durch das Loch hinausragen und dreht sich herum, wobei das Loch immer größer wird (Taf. 13 Fig. 9c). Nach einiger Zeit zieht das Tier sein Vorderende zurück, dreht sich rasch im Innern der Cyste, schiebt dann sein Vorderende wieder in das Loch hinein. Nach einigen solchen Versuchen gelingt es ihm, sich von der Hülle loszumachen und es fängt frei zu schwimmen an. In manchen Fällen trägt das Tier an seinem Hinterende den Rest der Hülle eine Zeitlang (Taf. 13 Fig. 14). Gewöhnlich aber schiebt es sich in die Schmutzmasse hinein, wobei die Cystenhülle stecken bleibt und das Tier vollkommen frei wird.

Das junge Tier hat eine ganz dünne und biegsame Pellicula, infolgedessen kann sein Körper sehr leicht die Form ändern und wieder die gewöhnliche Gestalt annehmen, die sehr verschieden von der der erwachsenen Opalinen ist. Diese Stadien haben einen fast walzenförmigen nach vorn stumpf, nach hinten spitzig endigenden Körper, der nicht ganz gleichmäßig mit Cilien besetzt ist. Die Cilien sind am beweglichsten in der vorderen Hälfte, nach dem Hinterende zu werden sie kürzer und nicht so wirksam. Das Hinterende selbst scheint mit Cilien nicht versehen zu sein. Beim Schwimmen dreht sich das Tier eine Zeitlang nach links, dann nach rechts herum. Keine Steuervorrichtungen, wie bei den Erwachsenen

kommen hier in Wirkung, alle Bewegungen werden also ausschließlich von den Cilien bedingt. Nur selten sieht man schwache Längsfurchen sich bilden, die auch vielleicht als Steuervorrichtung dienen können (Taf. 13 Fig. 15e). Der Inhalt ist ganz hell. Neben den Excretionskörperchen, die sich manchmal in beträchtlichen Mengen in der Hinterhälfte anhäufen (Taf. 13 Fig. 15d), sieht man die Micronuclei, die nicht mehr die gewöhnliche, durch eine feste Membran streng bestimmte Form haben, sondern als Klümpchen lichtbrechender Substanz von verschiedener Größe und Form den ganzen Inhalt ausfüllen oder nur gegen die Peripherie gedrängt sind.

Nach der mehrmaligen Teilung, deren Zahl ich nicht genau feststellen konnte, bemerkt man, daß sich zwei Sorten von Gametocyten bilden. Die einen (Taf. 13 Fig. 16—18) haben einen fast runden Querschnitt und ihre Membran scheint ziemlich fest zu sein, weil ihre Form sehr konstant ist. Die Verteilung der Cilien ist wie bei den Tieren, aus denen sie durch Teilung hervorgingen. Excretionskörperchen im ganzen Körper, wie auch am Hinterende Excretionsstreifen, sind oft zu sehen. Diese Gametocyten führen zur Bildung der Macrogameten, die ungefähr 30 μ lang und ca. 8 μ breit und etwas gekrümmt sind, mit stumpfem Vorder- und zugespitzten Hinterende, das, wie bei den Macrogametocyten, keine Cilien zu besitzen scheint (Taf. 13 Fig. 19). Der Inhalt ist hell, von der Macronucleisubstanz sieht man nur winzige Klümpchen oder kleine Stäbchen von verschiedener Länge, neben denen auch andere Körperchen von stark lichtbrechender Substanz sichtbar sind. Wenn man diese Stäbchen von zerfallenen Macronuclei mit Gentian-Violett in vivo zu färben versucht, zerfallen sie infolge der vollen Abwesenheit der Kernmembran in einigen Sekunden in kleine Tröpfchen, obwohl das Tier noch ganz lebendig ist (Taf. 12 Fig. 30d, e). (Wenn man die Macronuclei der erwachsenen Opalinen mit Gentian-Violett färbt, lassen sie sich anfangs nicht färben, nach kurzem aber werden sie schon gefärbt, wobei sie ihre Form vollkommen behalten und ihre Membran noch deutlicher wird.) Der Micronucleus der Macrogameten ist länglich und ungefähr in der Mitte gelegen (Taf. 12 Fig. 27).

Die zweite Sorte von Gametocyten sind flach, etwas gebogen, das Hinterende wieder ohne Cilien (Taf. 13 Fig. 20, 21). Im Innern derselben sieht man, wie bei den Macrogameten, die Reste der Macronuclei. Die Microgametocyten teilen sich mehrmals — die Zahl der Teilungen konnte ich nicht feststellen — und bringen die Microgameten hervor. Man findet zuerst Stadien (Taf. 13 Fig. 22) mit

einer dickeren vorderen und dünneren hinteren Hälfte, die von den bisherigen flachen Formen ziemlich abweichen. Durch die Endteilung (Taf. 13 Fig. 23a) werden die Microgameten selbst gebildet, die einen ziemlich langen Schwanz besitzen, der, wenigstens gegen die Spitze, keine Cilien zu besitzen scheint (Taf. 13 Fig. 23b). Gewöhnlich messen die Microgameten ca. 28 μ, es kommen aber auch Individuen mit länger ausgezogenem Schwanz vor, die bis 35 μ lang sind. Der einzige Micronucleus, der auch länglich ist, liegt in der vorderen, dickeren Hälfte. Das Schwanzende scheint manchmal etwas verdickt. Excretionsvakuolen sind manchmal in den Microgameten auch zu finden, ich habe sogar solche bei Individuen in Copulation gesehen. Die Microgameten bewegen sich lebhaft und schwimmen sehr oft mit dem Schwanzende nach vorn. Wie die Macrogameten weisen sie auch keine Steuervorrichtungen auf.

B. Copulation.

Die Gameten, die ich gewöhnlich in ausgekochter Pütter'scher Flüssigkeit beobachtet habe, pflegen sich an einigen Punkten unter dem Deckglas zu sammeln, wo auch viele Copulationsmomente zu beobachten sind. Ich habe eine ganze Menge von Copulationsstadien von *Op. ranarum* gesehen. Die Befestigung des Micro- an dem Macrogameten vollzieht sich auf ziemlich verschiedene Weise. Am häufigsten befestigt sich der Microgamet an dem Hinterende des Macrogameten und bald kleben sie an der ganzen Länge des Microgameten zusammen (Taf. 13 Fig. 24a). Sehr oft findet man Copulationsstadien, wo der Microgamet mit dem Vorderende an der hinteren Hälfte des Macrogameten anliegt und der Schwanz eine Zeitlang frei nach hinten hängt. Der vordere Teil des Microgameten kann dabei ungefähr parallel der Längsachse des Macrogameten oder quer zu derselben liegen. Der Microgamet kann sich auch mit dem Hinterende an dem Macrogameten befestigen. Das geschieht in der Vorder- oder Hinterhälfte des Macrogameten, wobei das Vorderende des Microgameten nach vorn oder nach hinten gerichtet ist (Taf. 13 Fig. 25a—g). Nach ungefähr 20—30 Minuten vom Anfang der Copulation gerechnet, verschwindet die Grenze zwischen beiden Individuen (Taf. 13 Fig. 24b, c) und der Microgamet bleibt als ein Auswuchs an dem Macrogameten stehen. Binnen einer Stunde nach dem Anfang der Copulation ist gewöhnlich die Verschmelzung beider Individuen vollkommen.

Nach der Copulation zieht sich die Zygote, die immer noch sehr beweglich ist, etwas zusammen und nimmt eine Birnenform an

(Taf. 13 Fig. 26 a, b); jetzt werden die beiden Kerne sehr deutlich (Taf. 12 Fig. 28). Dann dreht sich das Tier sehr schnell herum, bleibt dann still liegen, kugelt sich ab und nach einigen Minuten sondert es eine Hülle von sich ab (Taf. 13 Fig. 26 c). Die Cilien verschwinden offenbar, werden wohl eingezogen, da sie nicht abfallen. Sehr oft schrumpft die Cystenhülle etwas zusammen (Taf. 13 Fig. 26 d).

Obwohl die Gametenbildung bei *Op. ranarum* bis jetzt nicht beschrieben wurde, haben manche Autoren einzelne Stadien derselben gesehen und abgebildet, ohne freilich zu vermuten, daß sie Gametenbildung vor sich gehabt haben. ENGELMANN (10, p. 575) gibt die Microgameten (seine Taf. XXI Fig. 3 und 4), die Macrogameten (ibidem Fig. 5 und 6) und die Cystocygoten (ibidem Fig. 2) ziemlich genau wieder; nur die Micronuclei sind von ihm anstatt oval rund dargestellt. ZELLER (p. 362) hat die Cystozygoten und die Microgameten gesehen; die letzteren hält er aber für Anomalien.

Die Encystierung der Zygoten bei *Op. ranarum* ist eine normale Erscheinung, die jeder Copulation folgt. In diesem Zustand findet auch die Bildung des Syncarions statt (Taf. 13 Fig. 26 e). In den Cystozygoten sieht man in vivo ganz deutlich die Micronuclei, aber keine Macronuclei. Noch deutlicher wird das, wenn man in vivo mit GENTIAN-Violett (Taf. 12 Fig. 30 g) oder fixierte Präparate färbt: keine Spur von Macronuclei ist mehr vorhanden (Taf. 12 Fig. 28, 29). Die Behauptung von NERESHEIMER, daß die Cystozygote ein normales Stadium vom Entwicklungskreis der Opalinen darstellt, ist wenigstens bei *Op. ranarum* ganz richtig; sie wird auch durch die Beobachtungen von ENGELMANN und ZELLER bestätigt. Die Isogamie aber, die NERESHEIMER nach einer einzigen Beobachtung in vivo den Opalinen zuschreibt, ist in Wahrheit bei diesen Infusorien keine normale Lebenserscheinung. METCALF hat für *Op. dimidiata*, *Op. intestinalis* und *Op. caudata* und ich für *Op. ranarum* festgestellt, daß überall eine ausgesprochene Anisogamie vorkommt.

Bei der Copulation fand METCALF Macrogameten mit zwei Kernen (d. h. Micronuclei) und beobachtete bei solchen Macrogameten sogar die Copulation. Zweikernige Macrogameten bei *Op. ranarum* habe ich nicht gesehen; alle Macro- und Microgameten besaßen nur einen Micronucleus und keine Macronuclei.

Die Conjugation der Gameten bei den Opalinen erinnert uns an die Conjugation der Vorticelliden, mit welchen sie auch METCALF vergleicht (35, p. 307).

C. Folgeerscheinungen der Copulation.

Die Cystozygoten, wie NERESHEIMER richtig bemerkt (p. 32), verhalten sich wie die Infektionscysten. Wie die letzteren zeigen sie nach einer Ruhepause ihre Cilien im Innern der Cyste wieder. Sie können aber nicht, wie es auch bei den Infektionscysten der Fall ist, ständig im Enddarm der Kaulquappe bleiben und werden mit dem Kot entleert. Um ihr weiteres Schicksal festzustellen, ließ ich den Darminhalt von infizierten Kaulquappen einmal 24, ein anderes Mal 48 Stunden im Wasser liegen, damit alle nichtencystierten Tiere getötet würden und verfütterte solche Cystozygoten an nichtinfizierte Kaulquappen. Ich bekam junge Opalinen, die Agamonten darstellten und von den Stadien der Gametenbildung ganz verschieden waren. Daß in der Natur die Cystozygoten auch im Darm der Kaulquappen, wo sie gebildet sind, ausschlüpfen können, halte ich für unwahrscheinlich, weil die Kaulquappen sehr oft Kot entleeren, wobei auch die Cystozygoten ins Wasser gelangen. Ich habe die Cystozygoten im Darminhalt der Kaulquappen, der mit PÜTTER'scher Flüssigkeit etwas verdünnt war, einen Tag gehalten, ohne Ausschlüpfen derselben zu bemerken. Dieser Zeitraum aber genügt vollkommen zur Entleerung des Darminhaltes der Quappen.

Das Verhalten der Cystozygote ähnelt dem entsprechenden Prozeß bei den Infektionscysten. Ich fand Tiere, die eine Zeitlang die Reste der Cyste an ihrem Hinterende trugen (Taf. 13 Fig. 29). Die Agamonten wachsen bald heran und die Micronuclei nehmen an Zahl zu. Ihre Form ist anfangs walzenförmig, der ganze Körper ist mit Cilien bedeckt (Taf. 13 Fig. 30a, b). Später wird er aber etwas abgeplattet, mit einer charakteristischen Ecke an einer Seite vorn (Taf. 13 Fig. 31a, b). In diesem Stadium sind die Macronuclei schon wieder da, sehr deutlich, mit guter Membran versehen und haben eine konstante Form, die beim Färben noch deutlicher zu sehen ist. Das Zerfallen der Macronuclei während der Gametenbildung und ihr Auftreten bei den jungen Agamonten hat schon NERESHEIMER beobachtet und beschrieben. Parallel mit dem Wachsen der Agamonten erscheinen von neuem auch die Macronuclei und nach diesem Autor ist bei Stadien mit vier Kernen (Micronuclei) „auch die normale Menge von Kügelchen und scheibenförmigen Körperchen schon wieder erreicht“ (p. 30).

Bemerkenswert ist, daß die Agamonten in den jungen Kaulquappen nicht bis zur Größe der erwachsenen Opalinen vom Froschdarm wachsen, sondern sich sehr früh teilen. Solche Teilungs-

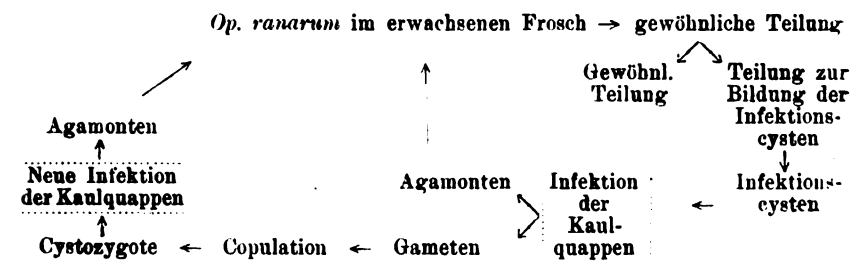
stadien fand ich noch am 5. Tage nach der Infektion mit Cystozygoten (Taf. 13 Fig. 32). Die Maximalgröße von *Op. ranarum*, die ich 20 Tage nach der Infektion der Kaulquappen gemessen habe, beträgt nur 85 μ, während die erwachsenen eine Größe von mehr als 600 μ erreichen können. Auch Engelmann, der erste, der die Entwicklung in den Kaulquappen beobachtet hat, bemerkt, daß „die sehr breiten, flachen Formen, welche den ausgewachsenen Zustand der Art charakterisieren, erst im jungen Frosch auftreten“ (p. 576).

Der Entwicklungskreis von *Op. ranarum*.

Nachdem Engelmann zum erstenmal die Entwicklungsstadien von *Op. ranarum* in Froschlarven gesehen hatte, gelang es Zeller die Bildung der Infektionscysten im Froschdarm, wie auch die Infektion der Froschlarven zu verfolgen. Auf diese Weise wurde der Entwicklungskreis der Opalinen im großen und ganzen bekannt. Beide Autoren haben auch Stadien der Gametenbildung beobachtet, ohne ihre richtige Bedeutung zu erkennen. Erst Neresheimer konnte die Gametenbildung und die Copulation bei diesen Tieren feststellen und das Schema der ganzen Entwicklung angeben. Dies Schema möchte ich nur in zwei Punkten ergänzen. Zwischen den Cystozygoten und den jungen Agamonten müssen wir in diesem Schema die Notwendigkeit einer Infizierung neuer Kaulquappen notieren; nach der Ausschlüpfung der Infektionscysten müssen wir andererseits den Weg der direkten Umwandlung der jungen Tiere in Agamonten vermerken. Auf diese Weise bekommen wir für die Kaulquappen wie auch für die Frösche zwei Wege der Entwicklung der Opalinen: einen einfachen für die ungeschlechtliche und einen anderen, verwickelten für die geschlechtliche Fortpflanzung, wie ich auf dem beigegebenen Schema darzustellen versucht habe.

Diese zwei Wege der Entwicklung haben eine große biologische Bedeutung für die Opalinen. Wird einmal eine Kaulquappe mit Cysten infiziert, die von den erwachsenen Fröschen nach außen entleert werden, kann sich das Tier von einem Teil der Parasiten, die sich direkt in junge Opalinen umwandeln, nicht mehr befreien, obwohl der andere Teil in den Geschlechtsprozeß eintritt und im Stadium der Cystozygoten den Enddarm verlassen muß. Parallel mit dem Wachstum der Froschlarve vollzieht sich auch das Wachstum und die Vermehrung der Opalinen. Beim erwachsenen Frosch nimmt die Bildung der Infektionscysten auch nicht alle Individuen von Opalina in Anspruch, so daß die Infektion des Frosches, wenn

nicht andere ungünstige Faktoren in Wirkung treten, für sein ganzes Leben sicher ist. Die Infektion der Kaulquappen mit Zygoten, die auch mit der Nahrungsaufnahme möglich ist, bringt von Zeit zu Zeit auch Geschlechtsgenerationen in die lange Kette der ungeschlechtlichen Vermehrung der Opalinen hinein.



Schema des Entwicklungskreises von *Op. ranarum*.

Systematische Stellung der Opalinen.

Die Frage nach der Natur der Kerne der Opalinen ist auch mit der Frage nach ihrer systematischen Stellung verknüpft. Je nachdem ob die verschiedenen Autoren mehr Wert auf den Cilienbesatz oder auf den Mangel an Macronuclei legten, wurden die Opalinen einmal zu den Ciliaten, ein anderes Mal zu den Plasmodromen gerechnet. Lang (26, p. 29) stellt die Gattung *Opalina* unter die Hymenostomidae, die er folgendermaßen charakterisiert: „Zellenmund stets offen; mit undulierender Membran." Die Opalinen aber haben bekanntlich keinen Mund, keine undulierende Membran. Die Behauptung von Kunstler und Gineste, daß die Opalinen einen Mund und After besitzen, ist nicht bestätigt worden. Vielleicht haben diese Autoren die Excretionsöffnungen der Opalinen im Momente der Entleerung des Inhaltes vom Excretionsorganell gesehen (wie Metcalf und ich beobachtet und abgebildet haben) und sie für eine Afteröffnung gehalten. In seinem „System der Protozoen" betont Doflein (8, p. 74), daß die Stellung der Opalinen unter den Ciliaten noch sehr unsicher ist, weil die Bewegungsorganellen der Protozoen, obwohl von gewisser Bedeutung für die Entwicklung von Wissenschaftsbeziehungen, doch nur eine sekundäre solche Bedeutung haben. Aus praktischen Gründen aber ließ Doflein die Opalinen vorläufig unter den Ciliaten, „denn bei dem gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse ist es schwer, ihnen einen anderen Ort im System anzuweisen". Und in seinem Lehrbuch der Protozoenkunde stellt

Doflein die Opalinen unter den holotrichen Ciliaten als „primitive Formen“ den „typischen Holotricha“ gegenüber.

Hickson (16, p. 378, 404) betrachtet die Opalinen als echte Infusorien mit Macro- und Micronuclei (irrtümlicherweise hält er die Micronuclei für Macronuclei und umgekehrt) und als Familie *Opalinina* Stein stellt er sie zu den *Hymenostomata* Delage. In derselben Familie erwähnt er auch die Gattungen *Hoplitophrya, Diskophrya* und *Opalinopsis.* Hartog (15, p. 111, 114, 123, 145) nimmt die Opalinen aus den Ciliaten heraus und stellt sie in die Klasse der Flagellaten neben den Trichonymphiden mit der Charakteristik: „Flagella short, ciliiform, uniformly distributed; nuclei very numerous, all similar.“ Die Kerne der Opalinen hält er für ähnlich den Micronuclei (p. 144). Auf Grund des von ihm entdeckten Entwicklungskreises von *Op. ranarum* und beim Mangel an Macronuclei, wie es bis jetzt allgemein angenommen wurde, schlug Neresheimer vor, die Opalinen zu den Plasmodromen näher zu stellen. Den Besatz von Cilien hielt er nicht für einen genügenden Grund, die Opalinen als Ciliaten zu betrachten. „Im letzteren Falle sind aber gewiß die Unterschiede, die sie von allen übrigen Vertretern der Gruppe trennen, so groß, daß sie die Aufstellung einer den Klassen der Ciliaten und Suctorien gegenüberstehenden neuen Klasse rechtfertigen würde“ (S. 34). Der Meinung von Neresheimer schließt sich auch Hartmann an (13, p. 140), und zwar aus folgendem Grunde: Die Opalinen hätten nicht den dauernden somatisch degenerativen Kerndualismus in Macro- und Micronucleus, hätten auch keine Conjugation. „Hier tritt nach Neresheimer (1907) ein Kerndualismus nur zeitweise nach Art der Rhizopoden zutage, und vor allem ist die Art der Befruchtung eine vollständig andere, nämlich eine Microisogamie, ein besonders für Rhizopoden und Mastigophoren charakteristischer Copulationsmodus“ (p. 141) [1]). Metcalf hob hervor, daß bei den Opalinen die generativen Chromidien, die den oben erwähnten „Kerndualismus zeitweise nach der Art der Rhizopoden“ und die Bildung von generativen Geschlechtskernen herbeiführen, nicht annehmbar sind. Deshalb hält er für unrichtig, die Opalinen den Plasmodromen zuzuteilen, und auf Grund des Baues der Cilien, des excretorischen Apparates und der Gameten rechnet er die Opalinen unter die Ciliaten.

Der Meinung von Metcalf über die systematische Angehörigkeit der Opalinen kann ich mich nur anschließen und sie weiter unterstützen. Der Bau des Cilienapparates ist ein wichtiges Merk-

[1]) Später rechnet Hartmann die Opalinen von neuem zu den Infusorien. (Hartmann u. Schilling: Die pathogenen Protozoen. 1917, p. 127.)



mal, das auf die enge Verwandtschaft mit den Ciliaten hinweist. Der excretorische Apparat, der von METCALF bei einigen Arten entdeckt und von mir auch bei *Op. ranarum* festgestellt wurde, hat fast denselben Bau wie bei *Hoplitophrya* und *Discophrya,* und die einzelnen nichtkontraktilen Vakuolen, die während der Gametenbildung auftreten, sind dieselben, die auch bei *Opalinopsis* vorkommen. Das Wichtigste ist aber die Anwesenheit von zahlreichen Macronuclei, die sich amitotisch teilen, während der Gametenbildung degenerieren und in den Cystozygoten fehlen.

Die Eigentümlichkeiten, die die Opalinen von den übrigen Ciliaten unterscheiden, sind lediglich durch die Anpassung an das parasitische Leben zu erklären. Das Verschwinden des Mundes hat die osmotische Ernährung zur Folge. Zum Dienste dieser Ernährung ist auch das Ectoplasma gewissen Änderungen unterworfen. Da der erwachsene Wirt im Wasser nicht infiziert werden kann, mußte der Parasit die im Wasser lebenden Larven des Wirtes angreifen. So ist die Encystierung der kleinen Individuen während der Laichzeit des Wirtes entstanden, die die Kaulquappen infizieren, wobei sie sich zu gewöhnlichen Opalinen weiter entwickeln oder in den Prozeß der Gametenbildung eintreten können. Die anisogame Copulation der Opalinen hat ihre analoge unter den Ciliaten, z. B. bei den Vorticellen.

In zwei Punkten kann ich die Meinung von METCALF nicht teilen und zwar darin, daß die Micronuclei gleichzeitig auch als Macronuclei funktionieren und daß die Opalinen primitive Formen darstellen. Die Opalinen besitzen Macronuclei, deshalb kommt den Micronuclei nur jene Rolle zuteil, die sie auch bei den übrigen Ciliaten spielen. Die Anpassung an das parasitische Leben hat die Änderung des Baues herbeigeführt, wie auch die Entwicklung mit der des Wirtes in Einklang gestellt. Die Opalinen stellen also keine primitiven, sondern sekundär vereinfachte und umgeänderte Ciliaten dar.

Die natürliche Stellung der Opalinen ist die unter den Ciliaten, wo ihnen am nächsten *Anoplophrya, Hoplitophrya, Discophrya* und *Opalinopsis* stehen, mit welchen sie auch STEIN und BÜTSCHLI in eine Familie zusammengestellt haben.

Zusammenfassung der Hauptergebnisse.

Die Resultate der angeführten Untersuchungen lassen sich kurz folgendermaßen zusammenfassen:

1. Die Pellicula der Opalinen ist mit Myonemen versehen, die bei den flachen Arten dem Tier die Möglichkeit geben, die einzelnen

Ränderteile verschiedenartig zu biegen, bei den cylindrischen Arten Längsleisten zu bilden. Diese Randbiegungen und Längsleisten werden abwechselnd in verschiedener Richtung gebildet und können bei den Schwimmdrehungen, die nach rechts oder nach links vollzogen werden, auch als Steuervorrichtungen dienen.

Ein Körpergerüst in Form eines Netzes von Stützfibrillen erhält die Körperform bei den Biegungen der Pellicula. Im Ruhezustande ist dieses Netz nicht gespannt; bei der Zusammenziehung der Myoneme in den verschiedenen Regionen wird auch das Gerüstnetz in den entsprechenden Richtungen gespannt.

2. Die Opalinen weisen eine starke Neigung auf, sich nach unten zu richten, die durch ihre Körperform erklärt werden kann (Geotaxis). Bei den Stadien in den Kaulquappen, die eine andere Körperform haben, fehlt diese Geotaxis vollkommen. Die Geotaxis der Opalinen im erwachsenen Frosch ermöglicht sie sich am Vorderende des nach oben gerichteten Enddarms aufzuhalten und nicht mit dem Kot entleert zu werden; aus denselben Gründen ist die Geotaxis der Kaulquappenstadien verschwunden, weil dort der Enddarm nicht nach oben gerichtet ist.

3. Das Ectoplasma der Opalinen kann homogen aussehen oder mit Vakuolen erfüllt sein je nach dem physiologischen Zustande des Tieres. Die Ectoplasmavakuolen sind Gebilde vorübergehender Natur, die nicht in Zusammenhang mit der Geschlechtsvermehrung, sondern vielmehr mit der Ernährung, zeitweise mit den Cystenbildungsprozessen stehen.

4. Die bis jetzt als „scheibenförmige Körperchen“ bezeichneten Endoplasmaeinschlüsse stellen echte Macronuclei dar. Sie besitzen eine Kernmembran, teilen sich amitotisch und degenerieren und verschwinden bei den Geschlechtsvorgängen.

5. Die bis jetzt meistens nur als „Kerne“ bezeichneten Organellen sind als Micronuclei zu betrachten.

6. Die Chromidien, die aus den Micronuclei austreten, geben keinen neuen Nucleen Ursprung, sondern sie zerfallen im Entoplasma.

7. *Op. ranarum* besitzt auch ein Excretionsorganell in Form von mehreren nicht pulsierenden Vakuolen, die gewöhnlich zu einem vielfach verzweigten Kanalnetz allmählich verschmelzen.

8. Im Entoplasma sind oft auch Excretionskörperchen, meistens in Form von winzigen Kristallen in verschiedener Menge zu finden.

9. *Op. ranarum* und *Op. dimidiata* bilden Dauercysten, wenn die Lebensbedingungen ungünstig werden. In der Natur sind Dauercysten in den gestorbenen Fröschen zu finden.



10. Die Bildung der Infektionscysten ist nicht von der Brünstigkeit des Wirtes abhängig, sondern steht wahrscheinlich mit gewissen Prozessen im Zusammenhang, die sich in den Opalinen selbst abspielen und eine Vorbereitung zur Cystenbildung darstellen. U. a. findet eine Anhäufung von Reservestoffen statt. Die Temperatur spielt dabei als Reiz nur eine Nebenrolle.

11. Neben den bekannten Infektionscysten existiert bei *Op. ranarum* auch eine zweite Sorte von Cysten, die sich im Innern der encystierten großen Opalinen bilden.

12. Bei *Op. ranarum* beobachtet man Macro- und Microgameten und anisogame Copulation. Dieser Copulation folgt das Stadium der Cystozygote, wo die Bildung des Syncarions stattfindet.

13. Die Cystozygoten werden meistens mit dem Kot hinausgestoßen. An die Kaulquappen verfüttert, geben sie den Agamonten Ursprung, die in den Kaulquappen nicht bis zur Größe der Froschopalinen heranwachsen, sondern frühzeitig mit der Teilung anfangen. Das steht mit der Geotaxis in Zusammenhang.

14. Ein Teil der Infektionscysten in den Kaulquappen tritt nicht in Gametenbildungsteilung ein, sondern wandelt sich direkt in junge Opalinen usw. Auf diese Weise wird die Infektion auch mit ungeschlechtlichen Formen gesichert.

15. Die Opalinen ernähren sich osmotisch. Manche Tatsachen weisen darauf hin, daß sie extracellulär verdauen, d. h. auf feste Nahrungspartikelchen in der Umgebung einwirken und sie in eine Form bringen können, die geeignet zur osmotischen Aufnahme ist.

16. Die von Neresheimer als besondere Art aufgestellte *Op. zelleri* ist nur als eine Ernährungsform von *Op. dimidiata* zu betrachten.

17. Die Opalinen sind echte Ciliaten, die durch das parasitische Leben ziemlich stark beeinflußt sind. Deshalb sind sie nicht zu den Plasmodromen näher zu stellen, wie manche Autoren versucht haben; sie haben mit den Flagellaten nichts zu tun, wie andere meinten, sondern sind als Nächstverwandte von den Ciliaten *Anoplophrya*, *Hoplitophrya*, *Discophrya* und *Opalinopsis* zu betrachten.

Anhang.

Als die vorliegende Arbeit schon druckfertig war, konnte ich mir die vorläufige Mitteilung der Untersuchungen von Brumpt über die Opalinen verschaffen, wo einige Fragen behandelt werden, die

ich auch untersucht habe.[1]) Das sind: 1. die Frage nach der direkten Umwandlung der Infektionscysten in junge Opalinen ohne Gametenbildung; 2. die Frage nach der Isogamie oder Anisogamie der Opalinen und 3. die Frage nach den Cystozygoten bei *Op. ranarum*.

In den Kaulquappen fand Brumpt einige Wochen nach der Infektion wieder Infektionscysten, die identisch mit denen bei den erwachsenen Fröschen waren. Als er diese Cysten an solche Kaulquappen verfutterte, die sie enthielten, fand er, daß die daraus entstandenen Individuen sich weiter entwickelten, ohne Gameten zu bilden. Infektionscysten habe ich in den Kaulquappen nicht gefunden. Die direkte Umwandlung der Infektionscysten, die Brumpt bei den Kaulquappen verfolgt hat, ist dieselbe Erscheinung, die ich bei den erwachsenen Fröschen festgestellt habe. Ob es sich hier um eine Verhinderung der Infektionscysten sich geschlechtlich zu differenzieren handelt, wie Brumpt meint, oder dies eine biologische Anpassung des Parasiten darstellt, wie ich erklärt habe, bleibt eine offene Frage.

Bei *Op. ranarum* gibt Brumpt in einigen Worten dieselbe Anisogamie an, die ich auch ausführlich beschrieben habe und lehnt wie ich die Meinung von Neresheimer über die Isogamie der Opalinen ab. Brumpt aber glaubt, daß bei den Opalinen keine Cystozygoten existieren und daß, was Neresheimer als solche gedeutet hat, wahrscheinlich Infektionscysten in den Kaulquappen gewesen sind. Er bemerkt auch, daß die von Zeller und Engelmann beschriebenen und abgebildeten Cysten in den Kaulquappen nicht Cystozygoten, sondern wieder Infektionscysten darstellen. Dagegen muß ich aufstellen, daß es einen grundlegenden und leicht feststellbaren Unterschied zwischen beiden Sorten von Cysten gibt. Die Infektionscysten haben gewöhnlich 6 Micronuclei, deren Zahl aber zwischen 3 und 12 schwanken kann; die Cystozygoten, die viel kleiner sind, haben anfangs 2 Micronuclei, die bald verschmelzen und ein einziges Syncarion bilden. Zeller und Engelmann haben Cysten mit nur einem „Kern“ (Micronucleus), d. h. Cystozygoten abgebildet; dieselben hat auch Neresheimer beobachtet. Ich hatte die Gelegenheit, nicht nur viele Hunderte von Cystozygoten von *Op. ranarum* zu sehen, sondern auch direkt ihre Entstehung zu verfolgen: wie ich schon erwähnt habe, schwimmt das Tier, wenn die Copulation schon vollendet ist, eine Zeitlang, hält dann an, dreht sich rasch

[1]) Brumpt, E.: Cycle évolutif des Opalines. Bull. de la Soc. de Path. Exot. T. 8 1915 p. 397–403.



herum, scheidet eine Gallertmasse aus, in der die Cilien stecken bleiben, und so entsteht eine Cyste, die anfangs zwei Micronuclei besitzt.

Literaturverzeichnis.

1) Barfurth, Dietrich: Vergleichend-histochemische Untersuchungen über Glycogen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 25.

2) Bezzenberger, Ernst: Über Infusorien aus asiatischen Anuren. Arch. f. Protistenk. Bd. 30 H. 2 1914.

3) Bütschli, O.: Protozoa. Bronn's Klassen u. Ordn. des Tierreichs Bd. 1 1889.

4) Cépèdes, Casimir: Recherches sur les Infusoires astomes. Anatomie, biologie, éthologie parasitaire, systématique. Arch. Zool. exp. gen. (5) T. 3 1910.

5) Certes, A.: Sur la glycogenèse chez les Infusoires. C. R. Acad. Sc. Paris 1880 p. 77—80.

6) Dobell, C. Clifford: Physiological dégénération in Opalina. The Quart. Journ. of micr. Sci. Vol. 21 Part 4 1907.

7) —: Some Observations on the Infusoria parasitic in Cephalopoda. Quart. Journ. micr. Sci. Vol. 53 1909.

8) Doflein, Fr.: Das System der Protozoen. Arch. f. Protisenk. Bd. 1 H. 1 1902.

9) —: Lehrbuch der Protozoenkunde. Jena 1916.

10) Engelmann, Th. W.: Über Entwicklung und Fortpflanzung der Infusorien. Morph. Jahrb. Bd. 1 1876.

11) Entz, Géza: Studien über Protisten im Auftrage der Königl. Ungar. Naturw. Gesellschaft. Budapest 1888.

12) Fauré-Fremiet, Em.: Sur la structure intime du protoplasma chez les Protozoaires. C. R. Acad. Sci. Paris T. 142 1906.

13) Hartmann, Max: Das System der Protozoen. Arch. f. Protistenk. Bd. 10 H. 1 1907.

14) —: Die Konstitution der Protistenkerne und ihre Bedeutung für die Zellenlehre. Jena 1911.

15) Hartog, Marcus: Protozoa. The Cambridge Natural History 1909.

16) Hickson, S. J.: The Infusoria or Corticata heterokaryota. Lankester, A. Treatise on Zoology Part 1 1903.

17) Jensen, Paul: Über Geotropismus niederer Organismen. Inaug.-Diss. Bonn 1892.

18) Jennings: Das Verhalten der niederen Organismen. Leipzig 1910.

19) Kölliker: Icones histologicae. I. Bd. Der feinere Bau der Protozoen. 1864.

20) Kunstler et Gineste: Les spérules trophoplasmiques des Infusoires ciliés. C. R. Acad. Sci. Paris T. 141.

21) — —: Notice préliminaire sur l'Opalina dimidiata. Bibliogr. anat. T. 10 3e fasc. 1902.

22) — —: Les Cultures des Protozoaires et les variations de la matière vivante. C. R. Acad. Sci. Paris 1906.

23) — —: L'orientation du corps des Opalines. C. R. Soc. Biol. Paris T. 61 1906 p. 294—296.

24) — —: Les spérules chromophiles chez les protozoaires. C. R. Ass. Anat. T. 8 1906 p. 3—5.

25) — —: Contribution à la morphologie générale des protozoaires supérieurs. C. R. Acad. Sci. Paris 1906 p. 294—296.

26) Lang, Arnold: Handbuch der Morphologie der wirbellosen Tiere. Jena 1913.

27) Léger et Duboscq: Notes sur les Infusoires parasites. I. Les Astomata représentent-ils un group naturel? Arch. Zool. exp. gen. 4e Sér. T. 2, Notes et revue No. 6 1904.

28) — —: Notes sur les Infusoires endoparasites. Ibid. 1904 [4] Vol. 2 p. 337—356.

29) Linden, M. v.: Tentakelartige Fortsätze von Opalina dimidiata. Biol. Centralbl. Bd. 29 1909.

30) Löwenthal: Das Auftreten eines micronucleusartigen Gebildes bei Opalina ranarum. Arch. f. Protistenk. Bd. 3 H. 3 1904.

31) —: Notizen über Opalina ranarum nebst Bemerkungen über die Unterscheidung von Erythro- und Cyanochromatin. Ibid. Bd. 13 H. 1 1909.

32) Maier, Hermann Nicolaus: Über den feineren Bau der Wimperapparate der Infusorien. Ibid. Bd. 2 H. 1 1903.

33) Metcalf, M.: The excretory organs of Opalina. Part I, II. Ibid. Bd. 10 1907.

34) —: Studies on Opalina (Preliminary notice). Zool. Anz Bd. 32 Nr. 3/4 1907.

35) —: Opalina. Its Anatomy and Reproduction, with a description of Infection Experiments and a Chromological Review of the Literature. Arch. f. Protistenk. Bd. 13 1909.

36) —: Opalina mitotica. Zool. Jahrb. (Suppl.) Bd. 15 1912.

37) —: Notes upon Opalina. Zool. Anz. Bd. 44 1914.

38) Neresheimer, Eugen: Die Fortpflanzung der Opalinen. Arch. f. Protistenk. (Suppl. 1) 1907.

39) —: Der Zeugungskreis von Opalinen. Sitz.-Ber. d. Ges. f. Morph. u. Physiol. München Bd. 22.

40) Nussbaum, Moritz: Über die Teilbarkeit der lebendigen Materie. I. Mitteil.: Die spontane und künstliche Teilung der Infusorien. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 26 1886 p. 485—538.

41) Parker and Haswell: A Text book of Zoology. London 1897.

42) Pfitzner, Wilh.: Zur Kenntnis der Kernteilung bei den Protozoen. Morph. Jahrb. Bd. 1 1886.

43) Pütter: Die Atmung der Protozoen. Zeitschr. f. allg. Physiol. Bd. 5 1905.

44) Schneider, Karl Camillo: Plasmastruktur und -bewegung bei Protozoen und Pflanzenzellen. Arb. a. d. zool. Inst. d. Univ. Wien u. d. Zool. Stat. in Triest Bd. 16 1906.

45) Schouteden, A.: Längsteilung bei Opalina ranarum. Zool. Anz. Bd. 28 1905.

46) Stein: Über die ihm bis jetzt bekannt gewordenen und von ihm genauer erforschten Infusorien, welche im Innern von anderen Tieren eine parasitische Lebensweise führen. Abh. d. kgl. böhm. Ges. Bd. 10 1859.

47) —: Über die Einteilung der holotrichen Infusionstiere. Neue Gattungen und Arten dieser Ordnung. Sitz.-Ber. d. kgl. böhm. Ges. d. Wiss. in Prag 1860.

48) —: Der Organismus der Infusionstiere. Bd. 2. Leipzig 1867.

49) Tönniges: Die feineren Bauverhältnisse von Opalina ranarum. Sitz.-Ber. d. Ges. z. Beförd. d. ges. Naturwiss. zu Marburg Jahrg. 1898.

50) — Nachtrag zu den Untersuchungen über die feineren Bauverhältnisse von Opalina ranarum. Ibid. Jahrg. 1899.

51) Verworn, Max: Psycho-physiologische Protistenstudien. Jena 1889.

52) Wallengren: Zur Kenntnis der Galvanotaxie. I. Die anodische Galvanotaxis. Zeitschr. f. allg. Physiol. Bd. 2.



53) **Winterstein, Hans:** Handbuch der vergleichenden Physiologie. Jena.
54) **Zeller, Ernst:** Untersuchungen über die Fortpflanzung und die Entwicklung der in unseren Batrachiern schmarotzenden Opalinen. Zeitschr. f. wiss. Zool. 1877.

Tafelerklärung.

Tafel 12.

Fig. 1—10, 12—15, 24, 26—29 sind bei Zeiss Oc. 4 Ölimmers. $^1/_{12}$, Fig. 11, 16—23 bei Zeiss Oc. 12 Ölimmers. $^1/_{12}$, Fig. 25, 30 bei Leitz Oc. 3 Obj. 6 gezeichnet.

Fig. 1—4, 21—23: Fixierung mit Flemming's starker Lösung; Fig. 25—29: Fixierung mit Pikrinessigsäure; bei allen übrigen: Fierung mit Sublimateisessig.

Fig. 25—29: Färbung mit Hämatoxylin nach Delafield; Fig. 30: Vitalfärbung mit Gentian-Violett; bei allen übrigen: Färbung mit Eisenhämatoxylin nach Doflein.

Fig. 25—30: Ausstrichpräparate; alle übrigen: Schnitte 3—5 μ dick.

Fig. 1. *Opalina ranarum.* Flächenschnitt. a Myoneme und quergestreifte Membran, in einer Fläche dargestellt; b Myoneme; c quergestreifte Membran bei genauer Einstellung.

Fig. 2 u. 3. Desgl. Querschnitt. Myoneme im Ruhestadium in verschiedener Stellung.

Fig. 4. Desgl. Kontrahierte Myonemenbündel in Querschnitt.

Fig. 5. Desgl. Körpergerüst im Ruhezustand. a Micro-, b Macronuclei.

Fig, 6. Desgl. Körpergerüst gespannt.

Fig. 7. *Opalina dimidiata.* Körpergerüst gespannt.

Fig. 8. Desgl. Körpergerüst bei Querschnitt.

Fig. 9. Desgl. Stützfibrillen im Ectoplasma.

Fig. 10. Desgl. Durchschnitt einer Dauercyste.

Fig. 11. *Opalina ranarum.* Stränge von osmotisch aufgenommener Nahrung (a); b — Macronuclei.

Fig. 12. Desgl. Homogenes Ectoplasma.

Fig. 13. Desgl. Ectoplasmavakuolen mit zentral liegenden Kügelchen.

Fig. 14. Desgl. Ectoplasmavakuolen mit verlängertem (a) und an der Wand befestigten Kügelchen (b); c Macronuclei; d Micronuclei.

Fig. 15. Desgl. Flächenschnitt. Ectoplasmavakuolen mit körnigen Kügelchen (a); b Macronuclei.

Fig. 16. *Opalina dimidiata.* a—c drei Stadien der Teilung der Macronuclei.

Fig. 17. *Opalina ranarum.* a—c wie bei Fig. 16.

Fig. 18. Desgl. Verschiedenes Aussehen der Tochterkerne (Macronuclei).

Fig. 19. Desgl. Sehr verschieden große Macronuclei, die in Teilung eintreten.

Fig. 20. Desgl. Teilungsstadien der Micronuclei mit Ausscheidung von Chromidien.

Fig. 21. Desgl. Eine Chromidie, die frei im Endoplasma liegt. Macronuclei mit Körnchen.

Fig. 22. Desgl. Austreten der Chromidien aus dem Micronucleus.

Fig. 23. Desgl. Austreten und Zerfall der Chromidien im Endoplasma.

Fig. 24. Desgl. Durchschnitte durch das Excretionsorganell (a); b Macro-, c Micronuclei.

Fig. 25. Desgl. Die Hälfte einer Cyste, die Infektionscysten enthält; ausnahmsweise Bildung von vier anstatt von zwei Hüllen.

Fig. 26. Desgl. Infektionscyste mit Macro- und Micronuclei.

Fig. 27. Desgl. Macrogamet mit Micronucleus und Durchschnitte durch Excretionsvakuolen.

Fig. 28. Desgl. Cystozygote mit zwei Micronuclei.

Fig. 29. Desgl. Cystozygote mit Syncarion.

Fig. 30. Desgl. Zerfall der Macronuclei. a Macrogametocyt mit, b ohne Chromidienbildung, mit zerfallenen Macronuclei; c Microgamet mit zerfallenen Macronuclei; d Macrogametocyt im ersten Moment der Vitalfärbung; e dasselbe Individuum einige Sekunden später; f Vitalfärbung einer Infektionscyste, viele Macronuclei sichtbar; g Vitalfärbung einer Cystozygote, keine Macronuclei.

Tafel 13.

Zeichnungen nach dem Leben.

Fig. 1—4, 7b, 9—11, 14—32 sind bei LEITZ Oc. 3, Obj. 6, Fig. 5—8, 12, 13 bei LEITZ Oc. 3, Obj. 6 gezeichnet.

Fig. 1. *Opalina ranarum.* Ectoplasmavakuolen und Macronuclei bei guter Fütterung.

Fig. 2. Desgl. Verlängerte Macronuclei, Anfangsstadien der Teilung. a Macro-, b Micronuclei.

Fig. 3. Desgl. Hungerkultur. Hinterende mit vielen Excretionskörperchen im Endoplasma, mit hellem Ectoplasma und mit „Excretionsplatte“.

Fig. 4. Desgl. Hinterende. Excretionsstreifen.

Fig. 5. *Opalina dimidiata.* Encystierung.

Fig. 6. Desgl. Dasselbe Individuum später.

Fig. 7. Desgl. Dasselbe Individuum noch später (a); b ein Teil der Hülle stärker vergrößert.

Fig. 8. Desgl. Eindringen des Tieres in eine Gallertmasse zwecks Encystierung.

Fig. 9. *Opalina ranarum.* Infektionscysten. a Cilien nicht sichtbar; b Cilien wieder erschienen; c Durchbohren der Hülle durch das Tier; d leere Cystenhülle; e ausgekrochenes Tier; f ungewöhnlich große Infektionscyste.

Fig. 10. Desgl. Infektionscyste, die im encystierten, erwachsenen Tier gebildet worden ist.

Fig. 11. Desgl. Ein Teil des encystierten Tieres mit Körperstücken, die im Begriff sind, sich zu encystieren.

Fig. 12. Desgl. Einzelne Hälften von encystierten, erwachsenen Tieren; im Innern sind die Infektionscysten sichtbar.

Fig. 13. Desgl. Eine ganze Cyste vom erwachsenen Tier.

Fig. 14. Desgl. Aus gewöhnlicher Infektionscyste ausgekrochenes Tier in der Kaulquappe, die Cystenhülle auf sich tragend.

Fig. 15. Desgl. Junge Tiere in der Kaulquappe mit verschiedener Verteilung der Plasmaeinschlüsse.

Fig. 16. Desgl. Macrogametocyten. a mit Vakuolen und Excretionsstreifen; b nur mit Vakuolen.

Fig. 17. Desgl. Abnormität bei einem Macrogametocyten.

Fig. 18. Desgl. Teilung des Macrogametocyten; der Excretionsstreifen auch sichtbar.



Fig. 19. Desgl. Macrogamet.

Fig. 20. Desgl. Microgametocyt.

Fig. 21. Desgl. Derselbe in Teilung.

Fig. 22. Desgl. Aussehen desselben bei späterer Teilung.

Fig. 23. Desgl. Letzte Teilung (a) und Bildung der Microgameten (b).

Fig. 24. Desgl. Copulation in 3 Momenten (derselben Individuen).

Fig. 25. Desgl. Verschiedene Stellung des Macrogameten bei der Copulation.

Fig. 26. Desgl. Bildung der Cystozygote.

Fig. 27. Desgl. Junge Opaline in der Kaulquappe, die direkt aus der Infektionscyste, ohne Geschlechtsvorgänge, entstanden ist; b dieselbe in Sagittalschnitt.

Fig. 28. Desgl. Wie Fig. 27, größeres Tier.

Fig. 29. Desgl. Ausschlüpfung des Agamonten aus der Zygote.

Fig. 30. Desgl. Junger Agamont (a) mit mehreren Micronuclei, der aus einer Zygote stammt; b Querschnitt desselben.

Fig. 31. Desgl. Derselbe, etwas größer, mit typischer Form und mit Macronuclei; b Sagittalschnitt.

Fig. 32. Desgl. Teilung der kleinen Agamonten in der Kaulquappe.

Zur Frage der Nucleoluslöslichkeit bei *Spirogyra*.

Von
Viktor Czurda (Prag).

(Hierzu Tafel 14 u. 15 und 7 Textfiguren.)

I. Einleitung und kurze Besprechung der Literatur.

Um die Verschiedenheit der Nucleolen bei *Spirogyra* und der mit gleichem Namen belegten Zellkernbestandteile der Phanerogamen, die bereits aus dem morphologischen Verhalten beider hervorgeht, exakter darzustellen, unternahm es Tröndle (1912), den Beweis auch auf chemischer Basis zu führen. Es fehlte allerdings bis dahin nicht an derartigen Versuchen, vornehmlich durch Meunier (1888) und Zacharias (1881 u. f.), aber sie waren nicht genügend vertiefend. Er verglich das Verhalten der beiden gleichnamigen Zellkernbestandteile gegenüber starken Mineralsäuren und Alkalien das von seinen Vorgängern nicht genügend systematisch gesammelt war, in Parallelversuchen, um so die unvereinbaren und vielfach widersprechenden Ergebnisse zu klären. Seine Versuche bestanden in folgendem: *Spirogyra*-Material, das nicht näher bestimmt ist, von dem nur notiert wird, daß es „von mittlerer Fadendicke“ war, wurde in 100 proz. Alkohol fixiert. Die Lagerung des Materials bis zur Versuchsdurchführung ist nicht angegeben. In toto gelangte es in Säure. Bloß das Material für den Schwefelsäureversuch wurde in Schnitte vermittels Paraffin zerlegt. Die Arten der gebrauchten Säuren und die Dauer der Behandlung ist aus der beigefügten tabellarischen Zusammenstellung ersichtlich (Tabelle I). Welche weitere Behandlung das jeweilige Versuchsobjekt erfahren hat, wird nicht weiter detailliert, zumindest ist es nicht präzis genug an-

geführt. Es ist bloß z. B. „Färbung mit Eisenhämatoxylin" angemerkt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle I untergebracht.

An *Spirogyra*-Alkoholmaterial bereits gemachte Lösungsversuche mit Mineralsäuren und Alkalien.[1])

In der Kolonne „Ergebnis": „●" = Nucleolus gefärbt oder auf andere Weise als vorhanden nachgewiesen. „0" = Nucleolus „gelöst". Dauer der Säureeinwirkung in Stunden und Minuten angegeben.

	Konz.	Dauer Std., Min.	Färbung	Ergebnis	Autor
Salzsäure	konz.	—	—	0	Zacharias (1910)
	„	0,10	Hämat.	0—●	Tröndle
	„	0.20	„	0—●	„
	fast konz.	—	—	0	Meunier (1886)[2])
	2—4 Proz.	—	—	●	„ „
	2 Proz.	24,00	Hämat.	●	Tröndle
	0,2 „	—	—	●	Zacharias
	0,3 „	3,00	—	●	W. Zimmermann (1921)
heiß	2 „	0,30	—	0—●	Tröndle
Salpetersäure	konz.	0,02	Hämat.	●	Kaufmann
	„	0,06—0,10	„	0—●	„
	„	0,10	„	0	Tröndle
	„	0,20	„	0	„
	„	3,00	„	?	„
	fast konz.	—	—	0	Meunier
	5 Proz.	24,00	Jodlös.	●	Tröndle
	3 „	50,00	„	●	„
	2 „	24,00	„	●	„
	2 „	0,30	Hämat.	0—●	„
heiß	2 „	1,00	„	0—●	„
Schwefelsäure	konz.	0,02	Hämat.	●	Tröndle
	„	0,05	„	0	„
Phosphorsäure	83 Proz.	0,10	Hämat.	0	Tröndle
	83 „	24,00	„	0—●	Bernhards
	42 „	24,00	„	—	„
Phosphorsäure	konz.	0,10	Hämat.	●	Tröndle
Wolframsäure	„	1,00	„	●	„
	„	5,30	„	●	Kaufmann
	„	10,00	„	●	„
	„	20,00	„	●	„
	„	40,00	„	0	„
Kalilauge	2 Proz.	38,00	Jodlös.	?	Tröndle
	1 „	14,00	„	●	„
	1 „	38,00	„	●	„
heiß	1 „	0,05	Hämat.	0	„
Ammoniak	konz.	48,00	Jodlös.	0—●	Tröndle
	„	120,00	Hämat.	0—●	„

[1]) Němec's wertvolle Nucleoluslösungsversuche (1910) sind in dieser Zusammenstellung nicht eingeordnet, weil er insofern eine etwas modifizierte Versuchsanordnung gewählt hat, als er die Fäden vor der Säurebehandlung in siedendes Wasser getaucht hatte. Hier soll aber nur die bloße Säurewirkung auf Alkoholmaterial berücksichtigt werden.

[2] War mir nicht zugänglich; zitiert nach Tröndle.

Von den höheren Pflanzen untersuchte Tröndle Wurzelspitzen von *Vicia faba*, *Hyacinthus*, in 100proz. Alkohol fixiert, und junge Blütenknospen von *Lilium Martagon*, die in 70proz. Alkohol fixiert waren. Gelegentlich auch noch Endosperm von *Fritillaria* und das Epithel der Harzgänge von *Pinus*. Auch von der Behandlungsweise der höheren Pflanzen finden sich nur knappe Notierungen. Die Objekte wurden in Paraffin eingebettet, in 10 μ-Schnitte zerlegt und diese erst der Reagentieneinwirkung ausgesetzt. Sie wurden weiter $1-1\frac{1}{2}$ Stunden gewässert, und nachher, wie *Spirogyra*, mit Jodlösung, Eisenhämatoxylin oder Hämalaun tingiert. Diese Färbungsergebnisse, an *Spirogyra* und an den obengenannten höheren Pflanzen gewonnen aus den Parallelversuchen, wurden nun verglichen und auch in dieser Hinsicht, chemisch physikalisch also, eine Differenz gefunden und zwar: die Nucleolen der *Spirogyra* „lösen sich" in diesen Agentien, nicht aber die Nucleolen der höheren Pflanzen, sondern nur die Chromosomen. Bei jeder derartigen Arbeit können nicht genug Detailnotizen über den Versuchsgang gemacht werden, da wir es in der Zelle als einem Ganzen mit einer großen Reihe von noch unbekannten Faktoren zu tun haben und die Zelle uns ja noch einen unaufgerollten chemisch-physikalischen Komplex darstellt.

Anläßlich der Aufforderung zu einer Nachprüfung der Tröndleschen Ergebnisse, die ich der Liebenswürdigkeit des Herrn Prof. Dr. A. Pascher verdanke — ich will gleich an dieser Stelle meiner angenehmen Pflicht nachkommen, ihm hierfür sowie Literaturbeschaffung meinen Dank auszusprechen —, habe ich unter Zuhilfenahme der obengenannten Arbeit die Versuche wiederholt. Ich bin aber stets auf Differenzen gestoßen, die hauptsächlich darin bestanden, daß sie meist eine Färbbarkeit (gleich Unlöslichkeit) ergaben. Dadurch war ich genötigt nach den Ursachen zu suchen. Aus mehrfachen auf S. 352 zu erörternden Gründen beschränkte ich mich vorderhand auf die Untersuchung von Alkoholmaterial und dessen Reaktion auf Säuren. Auch mit Alkalien wurde, aber nicht vertieft genug, experimentiert.

Durch spätere Literaturangaben (nach 1912) wurde diese Frage verwickelter. Es hat nämlich auch Kaufmann (1914) die Lösungsversuche an Grünalgen angestellt und sie nicht nur teilweise für eine unbestimmte *Spirogyra*-Spezies bestätigt, sondern sie auch für andere Conjugaten als gültig vorgefunden, so für *Cylindrocystis brébissonii menegheni*, *Penium digitus*, *Tetmemorus*, einige Closterien und andere Desmidiaceen. Aus seiner Versuchsanordnung gibt er an: *Cylindrocystis* wurde mit 50proz. Alkohol fixiert und mit Eiweiß

auf den Objektträger aufgeklebt, um mit Säure behandelt zu werden. Dann wurde gewässert, drei Tage in 100proz. Alkohol aufbewahrt und gefärbt.

0,01 Stunde in konz. Salpetersäure: Nucleolen gelöst, Negative scharf, der übrige Kern dunkel gefärbt, ohne Struktur. Zellen mit zwei Nucleolen auch zwei Negative.

0,05 Stunde in konz. Salpetersäure: das gleiche Ergebnis.

0,10 Stunde in konz. Salpetersäure: der Kern war stark geschrumpft und hat an Deutlichkeit gelitten. Die Nucleolusnegative waren nur schwach zu erkennen.

Kaufmann hat vergleichsweise auch eine *Spirogyra* untersucht und festgestellt, daß nach 2 Minuten noch keine Lösung durch diese Säure erfolgt ist, sondern erst nach 6—10 Minuten.

0,05 Stunde in konz. Salzsäure: Nucleolus gut gelöst.

0,05 Stunde in konz. Schwefelsäure: Die Nucleolen gelöst. Die Cellulosemembran war verschwunden, die Pyrenoidstärke war verschwunden und zeigte deutliche Negative; Kerngerüst, Pyrenoide und Zellplasma waren unverändert.

Phosphor-Wolframsäure: Tröndle erzielte nach 1 Stunde Behandlung weder eine Chromosomenlösung bei höheren Pflanzen, noch eine Nucleoluslösung bei *Spirogyra*. Kaufmann gelang es bei *Cylindrocystis* größtenteils schon nach 1 Stunde, besseren Erfolg hatte er nach 2 Stunden Einwirkung; vollständige Lösung nach 5, 9 und 30 Stunden, während das Kerngerüst „wie sonst gefärbt und kaum etwas zusammengezogen“ war. Mit dem gleichen Agens hat er *Spirogyra* und Mikrotomschnitte von *Vicia faba* vergleichsweise untersucht und berichtet: „Bei *Spirogyra* war der Nucleolus nach $5^1/_2$, 10, 20 Stunden noch sichtbar, und erst nach 40 Stunden waren an seiner Stelle scharf umgrenzte Negative zu beobachten. *Vicia faba* zeigte gelöste Chromosomen, ... und zwar waren hier die Chromosomen nach 24 Stunden noch deutlich vorhanden, nach 48 Stunden waren sie zum größten Teil und nach 72 Stunden ganz verschwunden.“

In jüngster Zeit berichtet A. Meyer (1920) über Bernhards' Untersuchungen, die der Nachprüfung der Tröndle'schen Funde an höheren Pflanzen gegolten haben. Er hat für diese die Tröndleschen Angaben, soweit sie Löslichkeit der Nucleolen (bei höheren Pflanzen) in 42 und 83proz. Phosphorsäure betreffen, bestätigt; daß nämlich die Nucleolen der höheren Pflanzen in dieser Säure unlöslich sind. Für uns wichtig sind jedoch die Angaben über *Spirogyra*. Meyer sagt wörtlich: „Die Nucleolen in Fäden von *Spirogyra*, die

8 Tage im Dunklen gestanden hatte, dann 24 Stunden in 50proz. Alkohol fixiert worden waren, quollen (nämlich in 42proz. Phosphorsäure), so daß ihr Durchmesser um 50 Proz. zunahm. Lösung trat auch bei *Spirogyra* nach 24 Stunden nicht ein." Weiter unten: „Das Verhalten der Nucleolen von *Spirogyra* (in 83proz. Phosphorsäure) hat Herr BERNHARDS aus äußeren Gründen nicht mehr völlig klären können. Nur kürzere Zeit mit Alkohol behandelte und kürzere Zeit in Phosphorsäure gelassene, dann nur $^1/_2$ Stunde in Wasser gewaschene Zellen von *Spirogyra* zeigten den Kern gelblich gefärbt und der Nucleolus schien gelöst zu sein. Als mit 8 Wochen in 50proz. Alkohol fixiertem Material experimentiert wurde und das Auswaschen der Phosphorsäure 24 Stunden lang, also gründlich erfolgt war, fanden sich in vielen Zellen die Nucleolen deutlich erhalten."

Bei fast abgeschlossenem Manuskript erhielt ich von der W. ZIMMERMANN'schen Arbeit über *Volvox* Kenntnis. Sie bringt einige für meine Fragestellung bemerkenswerte Daten. Dieser Autor hat, von den besonders durch ZACHARIAS (1910) und TRÖNDLE (1912) gemachten Erfahrungen ausgehend, das chemische Verhalten des „Binnenkörpers" bei *Volvox* untersucht, wenn auch nicht umfassend genug, um die sich einstellenden Bedenken wegen der Verwendbarkeit solcher, nicht alle noch fraglichen und vielleicht einflußnehmenden Versuchsmomente zu zerstreuen. Seine mikrochemischen Befunde zusammenfassend, kommt er nämlich wiederum, ähnlich wie ZACHARIAS, zur Ansicht: „Der Binnenkörper von *Volvox* verhält sich also recht ähnlich wie die Nucleolen höherer Pflanzen und zeigt ein abweichendes Verhalten gegenüber dem Binnenkörper von *Spirogyra* und den Chromosomen. Zwei Ausnahmen hiervon müssen jedoch hervorgehoben werden:

1. Die Binnenkörper von *Volvox* sind in starken Säuren mindestens zum großen Teil löslich, während TRÖNDLE die Unlöslichkeit in Mineralsäuren als besonderes Charakteristikum der echten Nucleolen höherer Pflanzen hervorhob. Hierzu ist allerdings zu bemerken, daß entgegen diesen Angaben TRÖNDLE's z. B. SCHWARZ (1892)[1] und NĚMEC (1910) für Phanerogamen sowie GROSS (1917)[2] für tierische Eier die Löslichkeit der Nucleolen behaupteten (siehe auch Anm. 1 p. 279). Daselbst steht: „Die außerordentlich eingehenden

[1]) F. SCHWARZ: Die Morphologie und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas. Beitr. z. Biol. d. Pflanzen von COHN, Bd. 5 1892.

[2]) R. GROSS: Beobachtungen und Versuche an lebenden Zellkernen. Diss. Halle 1917.

Untersuchungen A. Meyer's (1920, p. 219) an Nucleolen von *Allium cepa* stimmen im allgemeinen mit den hier (mit den in einer Vergleichstabelle zusammengestellten Ergebnissen von Zacharias, Tröndle und Meunier) angeführten Reaktionen von Tröndle und Zacharias überein — abgesehen von einer weitgehenden Löslichkeit der Nucleolen in konzentrierten Mineralsäuren."

2. Die Binnenkörper von *Volvox* werden durch Autolyse zum mindesten sehr stark angegriffen, während die Nucleolen höherer Pflanzen nach Oes (1908)[1]) bei Autolyse im Gegensatz zu den Chromosomen erhalten bleiben."

Das Gesagte stützt Zimmermann auf Versuchsergebnisse bei *Volvox* und auf den Vergleich seiner Daten mit den in der Literatur verzeichneten. Seine Versuchsanordnungen waren zweifacher Art: Er nahm 1. die Einwirkung der Agentien vermittels Hindurchsaugens unter dem Deckglas, also an Zellen in toto vor und beobachtete die Veränderungen unmittelbar unter dem Mikroskop, oder 2. mit der Zentrifuge sedimentierte *Volvox*-Proben wurden in Reagenzgläsern mit dem Agens versetzt und nach Abbruch der Einwirkung durch Wässerung entweder in Wasser, Alkohol, auch Glycerin unmittelbar beobachtet, oder erst nach der üblichen Zerlegung in Mikrotomschnitte; also auch hier eine Behandlung ganzer Zellen. Verwendet wurde teils lebendes, teils fixiertes Material.

Nach 2½ Minuten langer Einwirkung von konz. Salzsäure, auch Schwefelsäure, war nichts mehr vom Binnenkörper in lebend verwendeten Zellen zu sehen. Nach Abbruch der Einwirkung erschienen einzelne Körner, die Zimmermann eventuell als wieder erfolgte Ausfällungen von gelöster Binnenkörpersubstanz betrachten möchte. 10 Minuten lang mit Salzsäure behandeltes und 2 Stunden in fließendem Wasser gewaschenes Material, das geschnitten und mit Eisenhämatoxylin gefärbt worden war, zeigte mehrere solcher Körner. Über ihre Herkunft konnte der Autor nichts Genaues aussagen. Manchmal konnte er sie ohne Zweifel mit der Lösung des Binnenkörpers in Zusammenhang bringen. Über die Versuche mit 0,3 proz. Salzsäure berichtet er folgendes: „Material 24 Stunden mit Alkohol 70 Proz. vorbehandelt. Der Binnenkörper trat scharf lichtbrechend hervor. Eine 3 stündige Einwirkung ergab keine weiteren Veränderungen. Zum Vergleich ebenso behandelter Binnenkörper von *Spirogyra* sowie Chromosomen von *Volvox* übertrafen den

---

[1]) A. Oes: Über die Autolyse der Mitosen. Bot. Zeitschr. 1908.

—: Neue Mitteilung über encymatische Chromatolyse. Zeitschr. f. Bot. 1910.

Binnenkörper von *Volvox* erheblich an Konturschärfe und Lichtbrechung." Weiter beobachtete er den Einfluß von Pepsin und Salzsäure, Methylgrün-Essigsäure, Jod-Jodkalium und Autolyse. Auf Grund dieser Versuchsergebnisse kam er zu der oben mitgeteilten Anschauung.

Beim Überblicken der mitgeteilten Literaturangaben, die sich mehrfach widersprechen, ist man genötigt, den Grund dieser Differenzen nur in den nicht übereinstimmenden Versuchsanordnungen zu suchen, wenn man subjektive Beobachtungsfehler ausschließt.

1. Alle genannten Angaben sind nämlich an Experimenten gewonnen, die nicht genügend umfangreich und erschöpfend sind, um andere noch denkbare Möglichkeiten auszuschließen.

2. So hat sowohl Meunier, Zacharias, Tröndle, Kaufmann und W. Zimmermann, als auch Bernhards mit einem nicht näher charakterisierten *Spirogyra*-Material experimentiert. Bei der morphologischen Verschiedenheit der einzelnen *Spirogyra*-Spezies ist die Möglichkeit, daß die Kerne nach der Agentienwirkung nicht völlig gleiche Bilder zeigen werden, von nicht geringer Wahrscheinlichkeit. Ich denke nicht daran, daß sich bei einem so „einfachen" chemischen Experiment, wie es die Behandlung der Zelle mit Säure oder Lauge darstellt, chemische Differenzen des Kernes, einer komplizierten, heterogenen Phase, feststellen ließen. Aber bei der Verschiedenheit der übrigen Zellorgane kann die eigentliche — angenommenerweise bei allen *Spirogyra*-Spezies gleichbleibende — Reaktion des Kernes bei der Einwirkung verdeckt werden oder anders erscheinen, was für den Vergleich verschiedener *Spirogyra*-Arten von Bedeutung wäre.

3. Es wurde teils mit lebenden, teils mit fixierten Objekten experimentiert. Da wohl die chemisch-physikalischen Konstanten dieser heterogenen Systeme durch die Fällung eine gewisse Änderung erfahren, wird es nicht angängig sein, am lebenden Objekt gemachte Erfahrungen auf fixiertes ebenfalls zu übertragen. Der Prozentgehalt des Alkohols war auch nicht immer gleich. Zudem drängt sich die Frage auf, ob und welchen Einfluß die Dauer der Lagerung in Alkohol auf die Kernlöslichkeit ausübt.

4. Wie verhält es sich mit der Tinktionsfähigkeit nach Säure- oder Laugenbehandlung, wenn die Färbung mit Eisenhämatoxylin neben anderen Reagentien als Beweis für das Vor- oder Nichtvorhandensein des Nucleolus mit herangezogen wird? Wenn er geschwärzt ist, ist er vorhanden, im nichtgefärbten Zustand muß er aber nicht gelöst sein. Es bedürfte natürlich besonderer Mittel, um seine Existenz bei verloren gegangener Tinktionsfähigkeit

nachzuweisen. Auf Grund der auffallenden Differenzen von Tröndle, Němec, Kaufmann einerseits, andererseits Bernhards erscheint es naheliegend, an einen Tinktionsverlust zu denken, der dann zur Ansicht geführt hat, der Nucleolus sei gelöst. Leider hat Bernhards die auf andere Weise als vorhanden festgestellten Kerne nicht zu tingieren versucht, um über die Färbbarkeit Aufschluß zu erhalten. Die tinktionsunfähigen *Spirogyra*-Nucleolen, die bisher untersucht wurden, und die Chromosomen bei höheren Pflanzen (Tröndle, Kaufmann) bewegen sich in einer Größenordnung von 3—4,5 μ. Tinktionsunfähige Organe von dieser Größe können leicht als gelöst betrachtet werden. Ich habe deshalb im folgenden das Hauptgewicht der Beobachtung auch darauf gerichtet, ob es gelingt Kerne zu finden, die unzweideutig vorhanden sind und trotzdem mit Eisenhämatoxylin, wie es Tröndle und Kaufmann verwendeten, nicht färbbar sind.

4. Wenn Tinktionsverlust vorliegt — wodurch ist er bedingt? Durch Inhaltstoffe, die sich in der Zelle vorfinden, ist es die Hydrolyse des Nucleolus, sind es Stoffe, die gelegentlich der Versuchsdurchführung hineingelangen. Z. B. die Salze des Leitungswassers beim Wässern? Vielleicht sind es Stoffe kolloidaler Natur, die nicht ständig in jeder Zelle auftreten und die hier, wo sie auftreten, einen Tinktionsverlust des Nucleolus bedingen. Ist es möglich, durch Fortführung solcher Stoffe, die bei der Behandlung des Materials in toto durch die Zellmembran nicht hindurchtreten können, den eintretenden Tinktionsverlust zu beseitigen?

Diese Fragen, wie sich die genannten Faktoren in den Versuchen äußern, sind nicht aus Literaturangaben eindeutig zu beantworten. Dazu bedarf es umfangreicher Versuche. Über solche an Alkoholmaterial angestellte Experimente soll im folgenden referiert werden; auch sie können vorderhand natürlich nur eine Orientierung geben.

II. Methodik.

Die Fixierung der verwendeten *Spyrogira*-Spezies erfolgte durchwegs nach dem Vorgange Tröndle's mit 100proz. Alkohol. Nach 12 Stunden wurde die Rohchlorophyllösung durch frischen 100proz. Alkohol ersetzt. Bei Spezies mit geringerer Fadendicke (25—40 μ) genügte einmaliger Wechsel, bei Arten über 100 μ Dicke wurde nach 24 Stunden nochmals gewechselt. Die Fixierflüssigkeit wurde reichlich dosiert (50faches Volumen). Nach 24 Stunden bzw. 36 Stunden Fixierung erfolgte Übertragung in 96proz. Alkohol zwecks

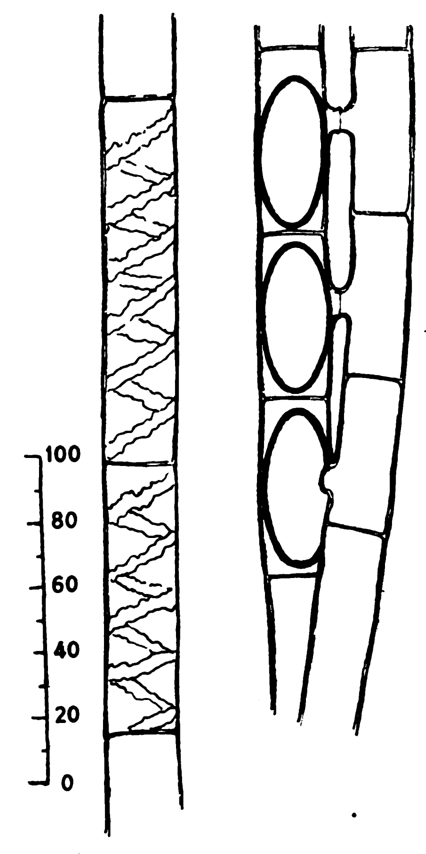
Aufbewahrung oder Überführung in destilliertes Wasser zur Versuchsdurchführung. Zur Aufnahme der einzelnen Flüssigkeiten (Säuren, Laugen) wurden zylindrische Standgläser von ca. 120 ccm Volumen, wie sie in Sammlungen verwendet werden, benützt. Die Übertragung des ganzen Materials erfolgte mit Glasnadeln. Das Material zum Schneiden wurde vermittels Chloroform in Paraffin eingebettet; die Mikrotomschnitte von 10—20 μ wurden mit Glycerineiweiß auf den Objektträger aufgeklebt und in der üblichen Weise durch die Chloroformalkoholreihe in destilliertes Wasser übergeführt. Von jedem Versuchsmaterial wurde ein Teil zum Vergleich parallel mitbehandelt, um die Säurewirkung festzustellen. Hiernach wurde gewässert und zwar die Schnitte in fließendem Leitungswasser und stehendem, öfters gewechseltem destillierten Wasser, ganze Objekte in stehendem destillierten Wasser gespült. Aus mehrfachen Färbeversuchen nach HEIDENHAIN'scher Methode zwecks Orientierung über den Einfluß der Dauer von Beizung mit 2proz. Eisenalaun (Schwefelsaures Eisenoxydammon), von Färbung mit Hämatoxylin (E. Merck, Darmstadt) ging folgendes hervor: bei all den vorliegenden Objekten wurde auf die feineren Kernstrukturen kein so großes Gewicht gelegt, als vielmehr auf die Feststellung der zeitlichen Grenzwerte, innerhalb derer der *Spirogyra*-Nucleolus mit diesem Verfahren gut färbbar ist. Diese Grenzwerte der schon ausreichenden und der noch möglichen Beiz- und Färbedauer liegen relativ weit auseinander. Die Alaunbeize war minimal 0,15 Stunden, maximal 60,00 Stunden zur Einwirkung gebracht. Auch darüber hinaus scheint die Länge dieser Einwirkung bei einer primitiven Kritik nicht irgendwie für die Färbung von Ausschlag zu sein. Für die Färbung wurden die Grenzwerte von 0,30—48,00 Stunden und darüber als brauchbar gefunden. Nach Abbruch der Färbung wurde im Leitungswasser gewässert (fließend) 0,10—0,15 Stunden, hierauf entsprechend in Alaun differenziert. Die Dauer hing dabei von dem Ergebnis der mikroskopischen Beobachtung ab. Hierauf erfolgte die Wässerung und Entwässerung in der Alkoholreihe und über Xylol die Einbettung in Kanadabalsam. Die nicht genug einwandfreien, während des Versuchsganges gemachten, mikroskopischen Beobachtungen der Objekte im Wasser oder anderen Flüssigkeiten wurden an den so gewonnenen Präparaten mit $^1/_{12}$ REICHERT-Homogenimmersion und 1,5 mm Apochromaten vervollständigt. Die Färbung der Dauerpräparate ist leider nicht dauerhaft; so sind ein Jahr alte Präparate bereits geblaßt.

III. Versuchsergebnisse.

1. *Spirogyra communis* (Hass.) Kütz. (mit *Spirogyra fallax* (Hansg.) Wille).

(Bestimmt nach Borge in Pascher, Die Süßwasserflora von Deutschland. Bd. IX.)

Material vom 24. April 1920 aus Sandkähnen der Moldau Prag-Smichow. Eingebracht wurde es in Leitungswasser in gläserne Kulturgläser, in denen die eingesetzte Copulationsstimmung fast verloren ging. Nicht so weit entwickelte Watten vegetierten im Wasser durch 4 Monate weiter, aber ohne die geringsten Copulationsansätze. Vegetative Zellen 22—28 μ dick, 2—4 mal so lang, glatte Querwände, ein Chromatophor mit $2^1/_2$—7 Umgängen. Zygoten ellipsoidisch, 20—26 μ dick, $2—2^1/_2$ mal so lang, Mittelschicht glatt, Membran gelb. Ein Großteil des fixierten Materials zeigte starke Erscheinungen der oligodynamischen Wirkung der in Leitungswasser gelösten Salze (siehe Textfig. 1).[1])



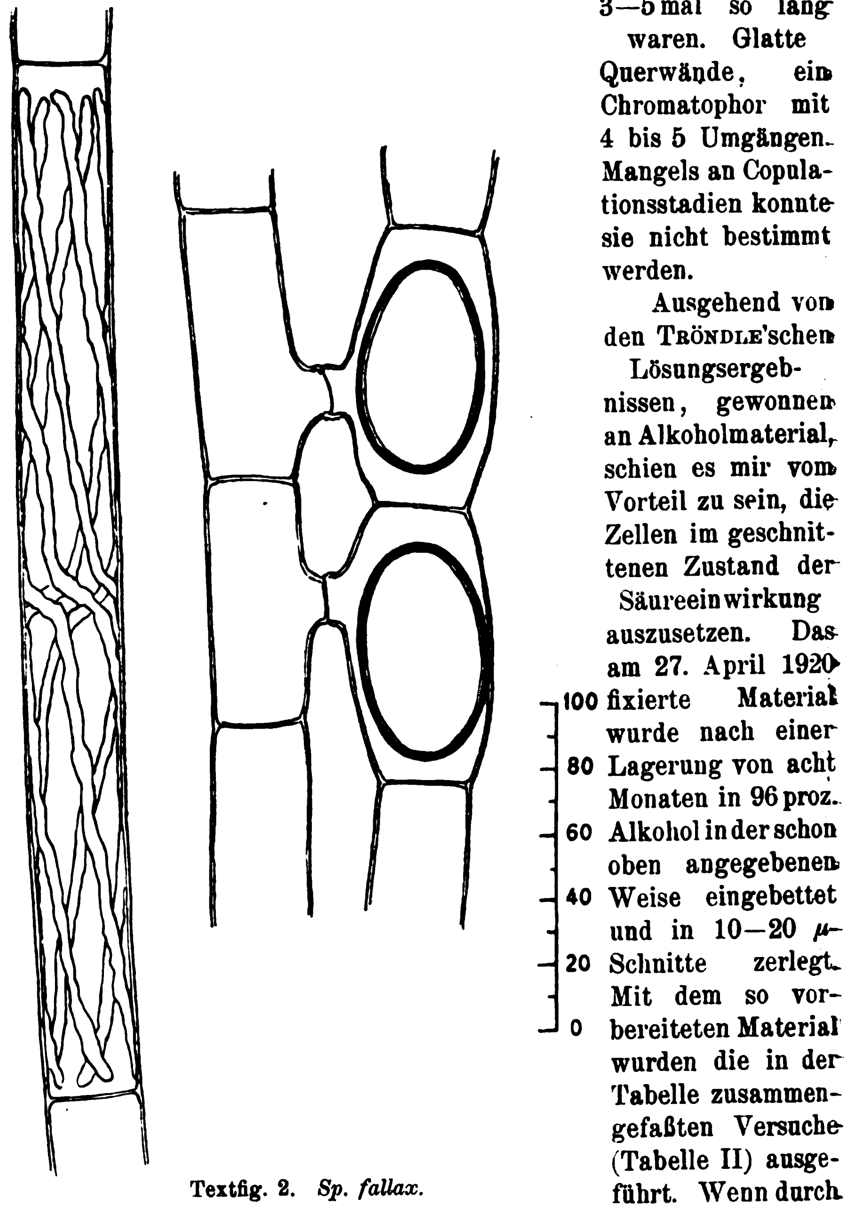
Textfig. 1. *Spirogyra communis.*

Im gleichen Rasen waren auch Fäden von *Spirogyra fallax* (Hansg.) Wille. Vegetative Zellen 28—34 μ dick, 8—14mal so lang, mit gefalteten, am häufigsten aber mit ungefalteten Querwänden. 1—5 Chromatophoren mit $^1/_4$—1 Windung. Copulierende Zellen verkürzt, angeschwollen, Zygoten ellipsoidisch, 38—48 μ dick, Membran bräunlich und netzig. Außer diesen Spezies fanden sich noch Fäden einer dritten Art vor, die 33—38 μ dick waren, deren Zellen

[1]) Die Ergänzung der Beschreibungen der einzelnen verwendeten Spezies durch möglichst genaue, mit dem Zeichenapparat entworfene Zeichnungen von vegetativen

3—5 mal so lang waren. Glatte Querwände, ein Chromatophor mit 4 bis 5 Umgängen. Mangels an Copulationsstadien konnte sie nicht bestimmt werden.

Ausgehend von den TRÖNDLE'schen Lösungsergebnissen, gewonnen an Alkoholmaterial, schien es mir von Vorteil zu sein, die Zellen im geschnittenen Zustand der Säureeinwirkung auszusetzen. Das am 27. April 1920 fixierte Material wurde nach einer Lagerung von acht Monaten in 96 proz. Alkohol in der schon oben angegebenen Weise eingebettet und in 10—20 μ-Schnitte zerlegt. Mit dem so vorbereiteten Material wurden die in der Tabelle zusammengefaßten Versuche (Tabelle II) ausgeführt. Wenn durch



Textfig. 2. *Sp. fallax.*

und copulierenden Zellen erfolgte zu dem Zwecke, um eine Nachprüfung der hier niedergelegten Ergebnisse bei möglichst genau übereinstimmenden Spezies zu ermöglichen. (Vgl. PASCHER: Drei Anregungen. Arch. f. Protistenk. Bd. 37 1916 p. 198.)

die Säuren die Lösung des Nucleolus der in toto behandelten Zellen bewirkt wird, müssen die Lösungsbilder klarer erscheinen, wo die Beobachtung durch die Schrumpfung oder Quellung des Zellinhaltes nicht behindert wird. Innerhalb des Möglichkeitsbereiches solcher Versuchsdurchführung war aber überall eine Färbung zu erzielen, die von der normalen in nichts zu unterscheiden war. Ein mögliches Übersehen von Kernen mit gelöstem Nucleolus war bei diesen Untersuchungen der Präparate in Berechnung gezogen. Auch keine im TRÖNDLE'schen Sinn „angegriffene Nucleolen" wurden festgestellt.

Tabelle II.

Spirogyra communis (*Sp. fallax*, Sp. sp.). Lagerung in 96 proz. Alkohol vom 27. April 1920 — ca. 20. Januar 1921. Schnittmaterial von 10—20 μ Dicke. „●" = Nucleolus intensiv schwarz gefärbt. „0" = Nucleolus schwach oder völlig ungefärbt. „+" = Nucleolus vorhanden, nicht gelöst.

Säure	Dauer	Wässerung	Beizung	Färbung	Differenz	Resultat	Nr.
HCl konz.	0,10	10,00	12,30	12,00	0,02	● +	1
"	0,10	22,20	1,45	3,15	0,02	● +	2
"	0,10	0,30	6,30	1.25	0.01	● +	3
"	1,00	0,30	23,30	15,00	0,03	● +	4
"	1,00	9,20	21,25	1,00	0,01	● +	5
"	1,00	24,00	9.00	15,00	0.02	● +	6
"	2,00	22,50	8,25	13,00	0,02	● +	7
"	6,00	22,20	42,10	3,00	0,02	● +	8
"	24,00	30,40	16,40	1,00	0,01	● +	9
HCl 2%	24,00	40,00	0,45	24,00	0,02	● +	10
"	90,30	45,45	1,00	24,00	0,03	● +	11
heiß, konz.	0,30	41,20	24,00	0,50	0,01	● +	12
" "	1,00	—	—	—	—	? ?	13
HNO_3 konz.	0,10	40,00	2.00	19,00	0,02	● +	14
"	1,00	49,10	16,00	5,50	0,01	● +	15
"	6,00	22,25	42,10	3,00	0,01	● +	16
"	32,00	25.00	19.15	23,30	0.04	● +	17
HNO_3 2%	24,00	24,00	20,10	1,50	0,03	● +	18
"	90.00	23,30	22,15	0,45	0,01	● +	19
heiß, konz.	0,30	46,00	58,45	1,05	0,03	● +	20
	1,00	—	—	—	—	? ?	21
H_3PO_4 83%[1]	0,12	23,40	5,35	3,05	0,05	● +	22
	1,03	21,05	1,40	5,38	0,05	● +	23
H_2SO_4 konz.	0,04	22,20	2,45	23,00	0,03	● +	24
	0.10	—	—	—	—	? ?	25
KOH 2%	0,10	—	—	—	—	? ?	26

Auch eine Volumsveränderung des Nucleolus oder Lösungsspuren des Außenkerns (HARTMANN) ließen sich bei der Kleinheit der Objekte nicht wahrnehmen. Beim Vergleich der gewonnenen Präparate mit den Kontrollpräparaten konnte auch an dem übrigen Protoplastbestandteil keine auffallende Veränderung sicher nachgewiesen

[1]) Bezogen von der Firma E. Merck, Darmstadt.

werden (Taf. 14 Fig. 1 u. 2). So schienen die Pyrenoidkerne etwas gequollen zu sein; unzweideutig war aber eine Vergrößerung des lichten Hofes um die Pyrenoidkerne herum (Verquellung des Assimilationsproduktes) festzustellen. Bisweilen allerdings auch diese nicht (Taf. 14 Fig. 2). Diese Verquellung galt im besonderen Maße als Wirkung der Phosphorsäure. Die Untersuchungen dieser Art waren über die in der Tabelle notierten Zeiträume hinaus nicht ausführbar, da infolge der Lösung der Eiweißschichte die Schnitte abgeschwemmt wurden. Aus der Tabelle II geht hervor, daß konzentrierte Salzsäure innerhalb der Einwirkungszeit von 24 Stunden, konzentrierte Salpetersäure nach 32 Stunden, konzentrierte Schwefelsäure nach 0,04 Stunden, Phosphorsäure nach 1,03 Stunden den Nucleolus bei diesen drei untersuchten *Spirogyra*-Spezies nicht zu lösen vermögen. Die Versuchsergebnisse, die TRÖNDLE an einer *Spirogyra* sp. gemacht hat, und die er, wie mir scheint, generell für alle *Spirogyra*-Arten als zutreffend angenommen hat, wurden von ihm der Chromosomenlöslichkeit sogar gleichgesetzt. Nach meinen Funden gibt es aber diesbezüglich bei *Spirogyra* selbst schon individuelle Verschiedenheiten. Auch bei BERNHARDS lag ein solcher Fall der Unlöslichkeit vor. Nicht eine chemische Verschiedenheit des Nucleolus ist als einzige Ursache dessen denkbar; die morphologischen Verschiedenheiten der Zellen verschiedener Spezies allein schon können die Reaktion des Nucleolus individuell ungleich erscheinen lassen. Dies trifft für unsere Fälle zu, wie aus dem Folgenden hervorgehen wird. Zwei konträre Angaben liegen nun vor. Zur Klärung der Frage, welche der beiden Angaben die objektivere ist, konnte aus dem Vergleich meines Versuchsganges mit dem TRÖNDLE's nicht viel gewonnen werden, da seine Angaben knapp gehalten sind. Die einzige feststehende Differenz in den beiden Versuchsgängen ist die, daß ich mit Schnitten experimentiert habe, wogegen er mit ganzen Zellen gearbeitet hat. Sollte in meinen Versuchen die lange Lagerung in Alkohol von entscheidendem Einfluß sein, was zufolge kurzer Angaben in der zitierten Literatur vielleicht denkbar wäre? Die größte Wahrscheinlichkeit hatte aber die Vermutung, daß die Differenzen in der *Spirogyra*-Spezies selbst ihre Ursache haben. Die Lösungsversuche wurden auch an ganzem Material unternommen (Tabelle III). Alle aus den drei Spezies zusammengesetzten Proben wurden nach der Säurebehandlung nach HEIDENHAIN'scher Methode gefärbt und stets sehr gute Färbungen des Nucleolus erzielt (Taf. 14 Fig. 3 u. 4). Überdies wurden Parallelproben mit Jodjodkali versetzt. Der Nucleolus hat sich $\pm$ intensiv gelb gefärbt. Hervor-

Tabelle III.

Spirogyra communis (*Sp. fallax*, Sp. sp.). **Lagerung in 96 proz. Alkohol vom 27. April 1920 — ca. 31. Januar 1921. Zeichenerklärung in Tabelle II. Zellen in toto behandelt.**

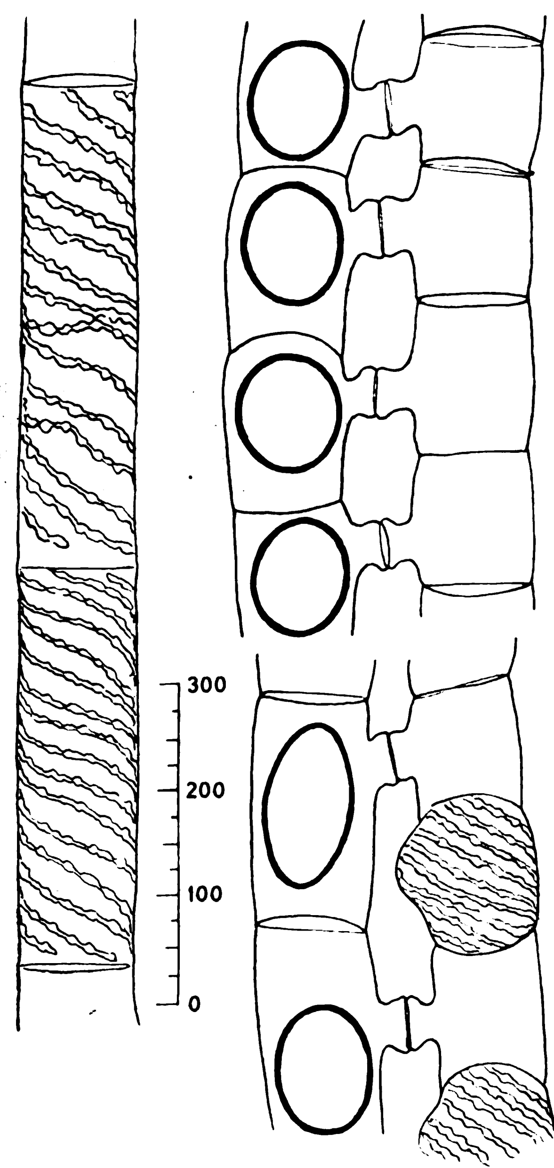
Säure	Dauer	Wässerung	Beizung	Färbung	Differenz	Resultat	Nr.
HCl konz.	0,10	4,00	6,45	1,10	0,04	● +	1
„	1,00	22,00	41,30	9,30	0,04	● +	2
„	4,00	12,30	5,50	24,00	0,06	● +	3
HNO_3, konz.	0,10	23,10	9,30	2,15	0,02	● +	4
„	1,00	22,45	7,00	1,00	0,02	● +	5
„	4,50	13,00	6,00	25,00	0,04	● +	6
H_2SO_4 konz.	0,08	12,50	15,30	6,00	0,02	● +	7
H_3PO_4, 83%	0,10	6,10	6,20	12,00	0,03	● +	8
	1,00	13,00	24,00	24,50	0,04	● +	9
	4,00	13,30	18,50	6,20	0,03	● +	10
KOH, 2%	0,10	8,30	12,00	12,00	0,04	● +	11

heben möchte ich, und das mit Rücksicht auf das Folgende, daß sich selbst bei starkem Zusatz von Jod das Zellumen nur sehr schwach rotviolett gefärbt hat, daß also diese untersuchten Zellen wenig Stärke besaßen. Keine Verfärbung des Zellumens wurde nach der Salzsäurebehandlung erhalten. Durch 2 proz. Kalilauge war rasch eine starke Quellung des Nucleolus, der Pyrenoidkerne und des Chromatophoren eingetreten, so daß in 1—2 Minuten die Konturen im ungefärbten Zustand bereits verschwommen waren (Taf. 14 Fig. 5). Nach 0,15 Stunden Einwirkungszeit der 2 proz. Lösung war er mit Hämatoxylin dunkel rauchgrau färbbar, bei Jodzusatz zeigte er nicht mehr die gleiche Gelbfärbung wie nach Säurebehandlung. Sie konnte zum Teil durch die leichte rotviolette Färbung des Zellumens verdeckt gewesen sein.

2. *Spirogyra setiformis* (Roth) Kütz.

Diese Spezies stammte aus einem Tümpel des Altwassergebietes der Elbe bei Čelakowitz in Böhmen, gesammelt am 29. Mai 1921. An der Fundstelle wurde sie eine Zeit hindurch beobachtet, um den Copulationsbeginn festzustellen. Dieser wurde an einigen Watten am 8. Mai wahrgenommen und auch von diesem Stadium Proben eingesammelt. Beidemal wurden die Proben mit einem großen Zusatz an Leitungswasser zum Originalwasser in weiten Gläsern in der Nähe des Fensters mit 2—3 Stunden Frühsonne untergebracht. Von den Rohkulturen älteren Datums sind alle innerhalb einer Woche fast völlig zugrunde gegangen, mit Ausnahme einer, die in reinem Leitungswasser untergebracht und außerdem übervölkert war; ursprünglich war sie gar nicht zur Beobachtung bestimmt.

An dieser wurde keine oligodynamische Wirkung des Leitungswassers festgestellt, wohl aber bei den zugrunde gegangenen. Die Watten waren nur von dieser *Spirogyra*-Spezies zusammengesetzt. Durch den nächsten Monat (April) assimilierten und teilten sich die Zellen sehr lebhaft (Teilungsmaximum von 23—24 Uhr). Im Mai wurden die Teilungen spärlicher in raschem Abfall (das Glasgefäß war überfüllt mit Fäden), das Absterben erfolgte rapid. Copulationsanzeichen aber irgendwelcher Art wurden nicht beobachtet. Das eingebrachte, in „Copulationsstimmung" befindliche Material jüngeren Datums, vom 9. Mai, zeigte noch neben zahlreichen vegetativen Fäden solche mit bereits gebildeten Zygoten oder erst ausgebildeten Copulationspapillen oder sie äußerte sich in der auffallenden Verkürzung der Zellen. Die begonnene Copulation war 4—6 Tage fortgeschritten, kam aber dann meist mit der Ausbildung der Papillen zum Stillstand.



Textfig. 3. *Sp. setiformis.*

Die vegetativen Zellen 105—109 μ dick, ebenso die copulierenden. Die Länge der vegetativen schwankte zwischen dem 3—6fachen der Breite, die der copulierenden zwischen dem 1—2fachen. Chromatophoren, 4—6 an der Zahl, mit 1—2$^1/_2$ Umgängen. Copulierende Zellen nicht angeschwollen mit breiten und kurzen Copulationspapillen. Zygoten braun, von fast kugel- bis ellipsoidischer Form, Membran glatt, 81—98 μ dick, bis 1$^1/_2$ so lang. Siehe Textfig. 3!

Die für die Untersuchung bestimmten Zellfäden wurden in der schon beschriebenen Weise am 8. April 1921 um 10 Uhr fixiert und weiter behandelt und gelangten nach ein bis acht Wochen langer Lagerung in der Alkoholreihe und destilliertem Wasser in die Säure. In den Zellen war reichlich Stärke enthalten, ebenso Gerbstoffe. Das Schnittmaterial zeigte in keinem der unternommenen Versuche eine herabgesetzte Färbbarkeit; der Außenkern des Nucleolus sowie der übrige Protoplast schienen nicht sehr verändert zu sein, zumindest konnten keine Veränderungen mit Hilfe der Parallelversuche sicher festgestellt werden. Bloß nach der Einwirkung von 2- und 5proz. Kalilauge trat eine sichtbare Quellung des Nucleolus, bis auf das achtfache Volumen (Taf. 14 Fig. 11 u. 12), der Pyrenoide, der Zellmembran und der Stärke ein, die gleich beim Hinzutreten der Flüssigkeit vor sich ging. Nicht gefärbte oder gar gelöste Kerne wurden in keinem Versuch aufgefunden. In dem einen Fall, in dem auch Tröndle Mikrotomschnitte für den Schwefelsäureversuch verwendet hatte, war nach 5 Minuten eine Lösung eingetreten. Da, wie ich schon vermerkt habe, seine Notierungen über den Versuchsgang dürftig sind, ist es mir nach meinen bisherigen Erfahrungen unmöglich, einen Vergleich anzustellen und über diese Differenzen, die mir nach dem Bisherigen auf keine Weise irgendwie erklärlich erscheinen, etwas auszusagen. Dieses Faktum ist es auch, das als einziges mit meiner weiter unten zu erörternden Vermutung über den Grund der Verschiedenheit von Beobachtungsergebnissen früherer Autoren im Widerspruch steht. Bei allen Versuchsfällen wurden mit Jodjodkali Proben parallel mit versetzt und eine gelblich-braune Färbung des Nucleolus erzielt (Tabelle V).

Anders verhält es sich bei ganzen Zellen. Schon nach 0,03 Stunden war folgendes zu beobachten. Das Lumen der Zelle vergrößert sich etwas durch die Quellung der Zellmembran. Die Stärkekörner quellen rasch an; dadurch werden die einzelnen Zellorgane zueinander verlagert — es entsteht eine förmliche Bewegung in der Zelle —; die Pyrenoidkerne quellen etwas. Das starke Lichtbrechungsvermögen des Nucleolus schwindet, eine Volumsveränderung konnte aber

Tabelle V.

Spirogyra setiformis fixiert am 8. April 1921 nm 10 Uhr. 10 μ-Schnitte.
Versuchsdurchführung nach 1—3 Wochen.

Säure	Dauer	Wässerung	Beizung	Färbung	Differenz	Resultat	Nr.
HCl, konz.	0,15	65,[illegible]0	24,15	9,45	0,03	● +	1
	1,10	64,25	24,15	6,30	0,03	● +	2
	5,30	53,20	18,00	12,00	0,05	● +	3
	8,15	—	—	—	—	? ?	4
HNO_3, konz.	0,10	52,00	13,50	24,00	0,02	● +	5
	1,00	51,10	13,50	24,00	0,03	● +	6
	4,00	4,00	2,00	0,55	0,02	● +	7
	8,00	8,50	11,25	8,33	0,05	● +	8
H_3PO_4 83%	0,13	6,20	2,00	2,15	0,02	● +	9
	0,50	5,20	2,00	2,15	0,02	● +	10
	8,00	2,40	21,40	13,45	0,04	● +	11
KOH, 2%	0,10	24,20	32,10	2,10	0,04	● +	12
„ 5%	0,10	24,20	32,10	2,10	0,04	● +	13

mit Sicherheit nicht festgestellt werden. Die grobkörnigen Granula des Außenkerns (im HARTMANN'schen Sinne) werden feinkörnig. Dieses alles ist beim Hinzutreten der Säure festzustellen ohne Hilfenahme irgendwelcher Färbungsmittel. Währt die Säureeinwirkung längere Zeit, sinkt das Lichtbrechungsvermögen des Nucleolus noch mehr, und in einer Anzahl von Zellen so sehr, daß er durch diesen Eingriff vollständig gelöst zu sein scheint. Es muß jedoch nicht allein das Sinken des Lichtbrechungsvermögens (Dichteabnahme) des Nucleolus sein, das seine Sichtbarkeit vermindert. Denkbar ist ja auch der Fall, daß das Lichtbrechungsvermögen der „Flüssigkeit", welche das ganze Lumen der Zelle erfüllt, durch in „Lösung" gegangene kolloidale Stoffe, da diese durch die Zellmembran nicht hindurchtreten können, erhöht wird. Ist die optische Ebene durch die Äquatorialebene gelegt, so bedarf es oft sehr genauer Beobachtung, um die Konturen des Nucleolus eben noch zu erfassen. Das ist aber nicht durchwegs in allen Zellen eines Fadens; vornehmlich gilt das Letztgesagte von Zellen, deren Chromatophorenwindungen weit voneinander liegen und wenig Stärke enthalten. Bei noch längerer Einwirkung bis zu 8 Stunden ändert sich das Bild nicht bemerkenswert. Soviel über das ungefärbte Bild. Unterwirft man solche behandelte Zellen, die wenigstens 0,03 Stunden in einer der drei Säuren gelegen hatten, der HEIDENHAIN'schen Färbungsmethode, so erscheinen die Nucleolen einer Versuchsprobe nicht alle gleich gefärbt. Zum Teil finden sich nach der Differenzierung solche, die scheinbar gelöst sind, andere, die noch schwach rauchgrau gefärbt sind, andere, die noch eine relativ dunkle Nuance behalten haben. Keiner von ihnen aber zeigt normale Schwärze.

Der Außenkern, der im unbehandelten Zustand einen kugelförmigen oder ± unregelmäßigen Ballen darstellt und neben dem Nucleolus noch ein kleineres Körperchen[1]) eingebettet enthält (Taf. 14 Fig. 6, Taf. 15 Fig. 3), erscheint mit unregelmäßigen Umrissen, ja oft sind von ihm nur einzelne „Fetzen" übrig (Taf. 14 Fig. 7). Daneben lassen sich mehr oder weniger Kerne mit normalem Umriß feststellen. Die Bilder sind wechselreich. Auffallenderweise färbt er sich in einzelnen Zellen viel dunkler als in unbehandelten Zellen. Ganze tiefschwarze, unregelmäßige Partien finden sich (Taf. 14 Fig. 8 u. 9). Eben Kerne mit fast ungefärbtem Nucleolus und dunkel gefärbtem Außenkern erwecken sehr lebhaft den Glauben an eine Herauslösung des Nucleolus. (Siehe oben die Bemerkung über die Lichtbrechungsveränderungen) Diese Bilder dürften den Autoren vorgelegen haben, die von einer Lösung gesprochen haben, besonders Tröndle und Kaufmann. Meine Vermutung stütze ich auf die bei beiden Seiten in gleicher Zeit erfolgenden Veränderungen im Kern. Überall schon nach 0,03 Stunden. Ferner auf die Angaben jener Autoren, daß ihnen Präparate mit fast „unangegriffenen" Nucleolen, mit solchen, die lichter gefärbt waren, infolge „teilweiser Herauslösung von Substanz", und mit solchen durch Vakuolen ersetzte vorgelegen haben. Auch diese Erscheinung ist in meinen Präparaten eingetreten. Sonst konnte ich aus dem Vergleich der beiderseitigen Angaben, Tröndle's, Kaufmann's einerseits, andererseits meine, nichts finden, das mir mit vollster Gewißheit meine vorhin geäußerte Ansicht bestätigte; in Präparate oder in eingehende Versuchsprotokolle der früheren Autoren konnte ich nicht Einsicht nehmen. (Beide Autoren sind verstorben.)

Von jeder Versuchsprobe (Tabelle IV) wurde ein Teil auch mit Jodjodkali zu tingieren gesucht, ob auch da eine Verschiedenheit des Tinktionsgrades wahrzunehmen ist. Leider führte diese Weise zu keinem Ziel, weil nach der Salpetersäure-, Phosphorsäure-, Schwefelsäure- und Kalilaugebehandlung das ganze Lumen der Zellen infolge der hydrolisierten Stärke sich dunkelblau färbte und so der Nucleolus der Sichtbarkeit entzogen wurde. Nach Salzsäure fand keine Blaufärbung der in Lösung gegangenen Stärke statt, dafür stellte sich aber eine Gelbfärbung ein, bei der der Nucleolus undeutlich als gelbliche Kugel sichtbar war. Ich suchte auf andere Weise durch direkte, eingehende Beobachtung zur Beantwortung der Frage nach

[1]) Das Studium dieses kleinen Körperchens habe ich noch nicht völlig abgeschlossen; ich behalte es mir vor.



Tabelle IV.

Spirogyra setiformis fixiert am 8. April 1921 10 Uhr. Ganzes Material.

Säure	Dauer	Wässerung	Beizung	Färbung	Differenz	Resultat	Nr.
HCl	0,03	6,30	19.15	1,00	0,03	0—● +	1
	0,10	6.30	19,05	1,00	0.03	0-● +	2
	0,21	1,10	9,20	23,10	0,02	0-● +	3
	0.21	13,25	23.10	2,00	0,02	0 ● +	4
	0,21	32,00	10,30	2,00	0.02	0—● +	5
	1,00	5,37	43,05	0,55	0.03	0—● +	6
	4.00	23.40	4,12	2,17	0,05	0—● +	7
HNO_3	0,03	6,30	19,15	1,00	0,03	●—0 +	8
	0.10	12,24	0.30	11,42	0,03	●—0 +	9
	0,23	1,10	9,20	23,10	0,03	●—0 +	10
	0,23	13 25	23,10	2,00	0,03	●—0 +	11
	0,23	32.15	9.30	11,00	0,04	●—0 +	12
	1,10	11,25	0,30	11.00	0,03	●-0 +	13
	4.30	23 40	4,10	2.15	0 05	●—0 +	14
H_3PO_4	0,03	6,30	19 15	4,50	0.01	0—● +	15
	0,12	21.45	1,45	4,45	0.04	0—● +	16
	0,23	1,10	9,30	23.10	0,02	●—0 +	17
	0 23	13.25	23,25	2 00	0,02	●—0 +	18
	0 23	32,00	9,30	6,30	0,04	●—0 +	19
	0.56	21,00	4,10	4.50	0,04	0—● +	20
	4,10	23,40	6,50	2.10	0,04	0—● +	21
KOH, 2%	0.03	6 50	4,20	6,50	0 02	●—0 +	22
	0.10	16.20	12,00	10 50	0.03	●-0 +	23
KOH, 5%	0,05	36,00	13.50	12.00	0.01	●—0 +	24
	0,12	40.00	4,30	22,50	0,06	●—0 +	25

dem Vor- oder Nichtvorhandensein des Nucleolus zu gelangen. Es finden sich im normalen, mit Hämatoxylin nicht gefärbten Nucleolen nämlich Gebilde, von denen sich infolge ihrer Kleinheit und ihrem nicht allzusehr differierenden Lichtbrechungsvermögen gegenüber der Nucleolussubstanz schwer sagen läßt, ob es kleine bis zu 2 μ messende Vakuolen sind oder ob es unscharf sichtbare Kristalle oder andere Gebilde sind. Ihre Zahl schwankt im normalen Kern zwischen 1—5. Meist zeigen sie kugelförmige, aber auch ellipsoidische Form. Sie liegen, soweit die Beobachtungen reichen, immer in der Zentralpartie des Nucleolus. Bei entsprechend starker und guter Optik ist es bei der Größe dieses Organs (*Spirogyra setiformis*) unschwer, die Tiefenlage festzustellen. Sie liegen knapp unter- und oberhalb des größten optischen Querschnittes. Diese verwendete ich infolge der Häufigkeit ihres Auftretens als Anhaltspunkte dafür, ob die **völlig** ungefärbten Nucleolen, die freilich in meinen Präparaten relativ selten sind, herausgelöst wurden. Wiewohl der Begriff „Vakuole" nicht scharf zu umschreiben ist, scheint mir aus den TRÖNDLE'schen Zeichnungen und Erklärungen hervorzugehen, daß er an einen mit irgendwelcher Flüssigkeit gefüllten Hohlraum dachte, vielleicht nach Art einer Zellsaftvakuole. Daß dem nicht so ist,

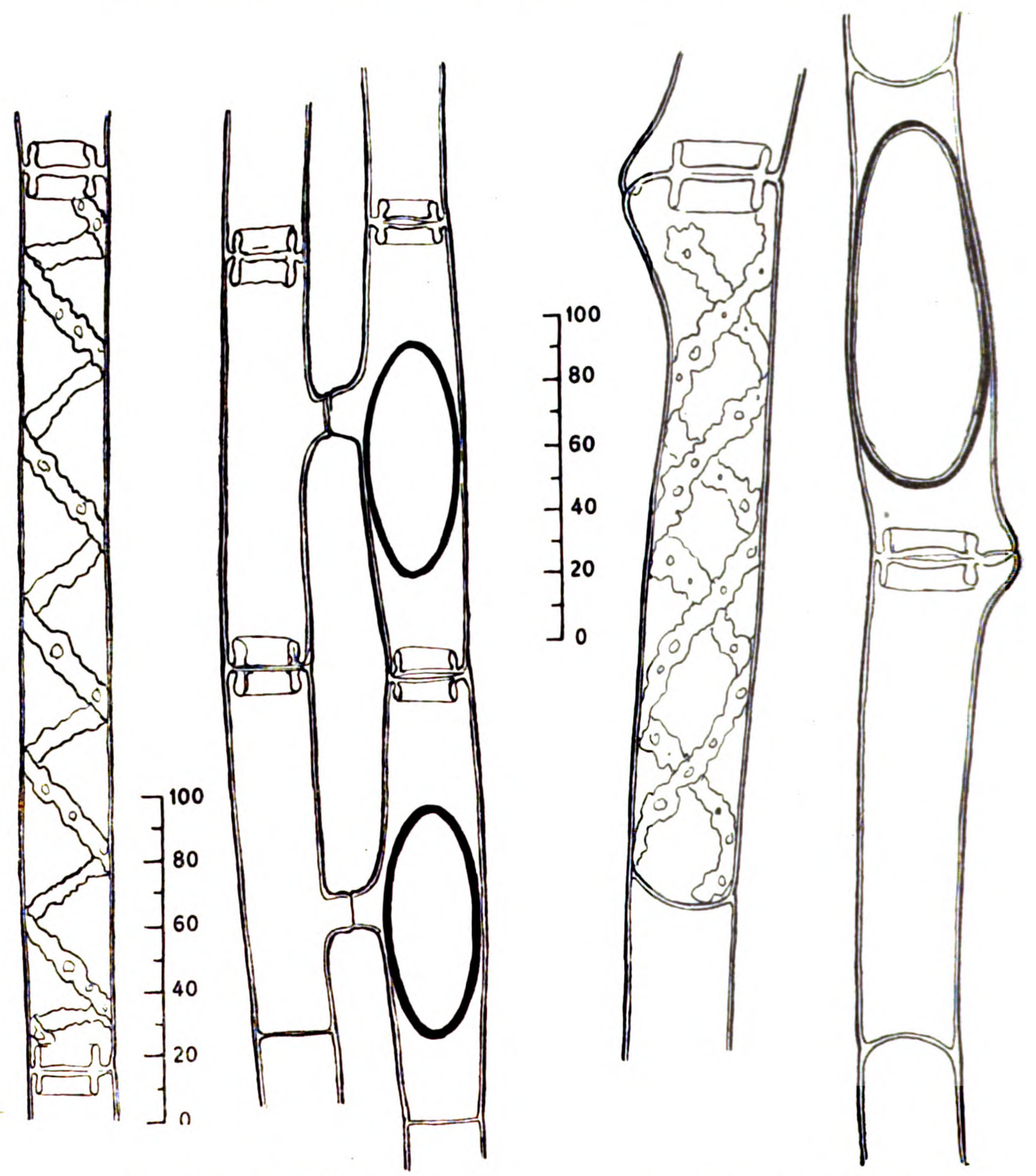
glaube ich nach jenen Inhaltskörpern annehmen zu können. Sie lagen in den nach der Säure behandelten und ungefärbt gebliebenen Nucleolen ebenso in der zentralen Partie wie normalerweise. Das wäre wohl nicht der Fall, wenn man an Stelle des Nucleolus eine Vakuole annimmt, ob nun diese Gebilde selbst Vakuolen oder irgendwelche andere dichtere Gebilde wären. Die Erwägungen werden ziellos, wenn wir an eine dichtere Konsistenz der Ausfüllungsmasse denken. Sollen wir da vom Nucleolus sprechen und wieweit können wir bei der allmählichen Herauslösung von einem noch vorhandenen Nucleolus sprechen und von wann an ist das Gebilde nicht mehr als jenes Organ anzusehen? An den gewonnenen Präparaten war noch folgendes zu beobachten. Beim Hinzutreten der Agentien quoll die reichlich in den Chromatophoren vorhandene Stärke rasch an. In Zellen mit dicht gewundenen Chlorophyllbändern nehmen die aufquellenden Stärkekörner oft einen großen Teil des Lumens der Zelle ein. Sie üben dabei auch auf den Kern einen Druck aus und drängen die Außenkernmasse zwischen sich hinein, so daß oft der Nucleolus schließlich allein erhalten bleibt, umgeben von den Resten des auseinander gedrängten Außenkernes (Taf. 14 Fig. 10, Taf. 15 Fig. 6 u. 8). Das wäre nie der Fall, wäre an Stelle des Nucleolus ein mit Flüssigkeit erfüllter Hohlraum nach Art einer Zellsaftvakuole. Schon bei dem Versuch unter dem Deckglas bei gleichzeitiger mikroskopischer Beobachtung gewinnt man bei der Umlagerung der Organe in der Zelle den Eindruck, daß die Masse des Nucleolus viel konsistenter ist als die des Außenkernes. Daß diese Agentien nicht wirkungslos waren, kann man als sicher annehmen, aber den Schluß, daß etwas von der Substanz „herausgelöst wurde“, wird man nicht so strikte auf Grund der weniger intensiven Färbung hinstellen dürfen, wie es Tröndle und Andere taten, da diese beiden Erscheinungen nicht im ursächlichen Zusammenhang stehen müssen.

3. *Spirogyra Weberi* Kütz

(mit *Spirogyra Hassallii* und *Spirogyra varians*).

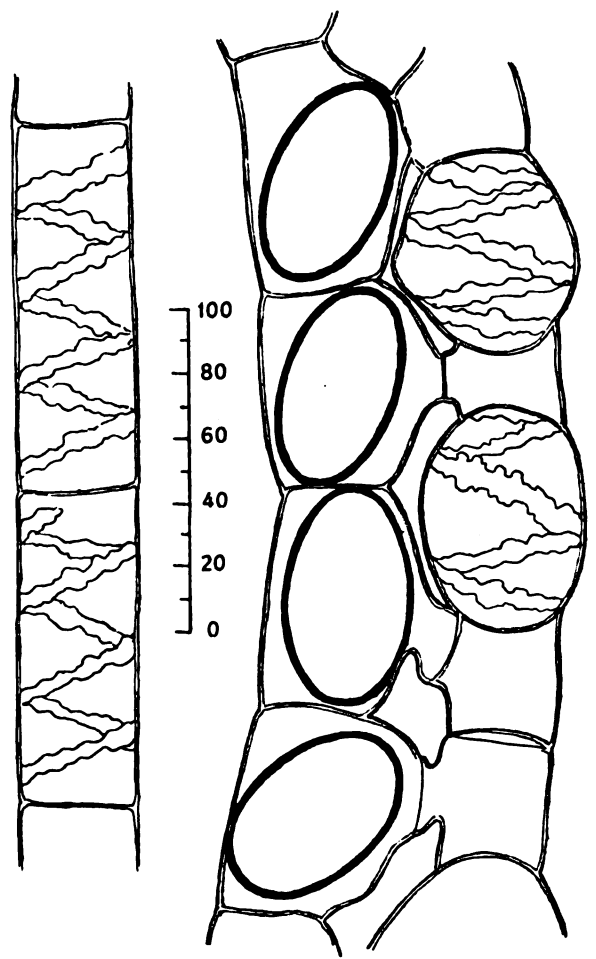
Ein weiteres Untersuchungsmaterial stammte aus dem Tuchelteich bei Dux in Böhmen vom 8. Mai 1921. Die Watten bestanden zum größten Teil aus *Spirogyra Weberi*. Vegetative Zellen 22—30 μ breit, 8—16mal so lang, mit Querwandfalten, selten ohne solche; ein Chromatophor mit 4—8 Umgängen. Copulierende Zellen nur 4—6mal so lang als breit, die „weiblichen“ Zellen meist etwas angeschwollen. Seltener kräftiger, bis durchschnittlich 32 μ. Zygoten

ellipsoidisch, 26—30 μ dick, 2—2½ mal so lang, mit glatter Membran, braungrün. Trotz vieler Beobachtungen wurde nur der leiterförmige Copulationsmodus vorgefunden, nie ein lateraler, wie man nach



Textfig. 4. *Sp. Weberi*. Textfig. 5. *Sp. Hassallii*.

KLEBS' Angaben [1]) oder nach der sehr ähnlichen *Spirogyra Spreeiana* RAB. durch TRÖNDLE's Beobachtungen (1907) [2]) vermuten könnte. Waren die beiden copulierenden Fäden nur auf einem Abschnitt parallel zueinander gelagert, so wurden die Copulationspapillen im



Textfig. 6. *Sp. varians.*

Nachbarabschnitte zu einem dritten oder vierten in der Nähe gelegenen Faden ausgetrieben. In diesen Fällen ist nie eine Lateral-

[1]) G. KLEBS: Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Jena (Fischer) 1896.

[2]) A. TRÖNDLE: Über die Copulation und Keimung von *Spirogyra*. Bot. Zeitung 1907.

copulation erfolgt. Häufig genug waren in „weiblichen“ Fäden bei einer Störung der parallelen Lagerung aus einer Reihe von Zellen die Protoplasten in die Zellen des dritten oder vierten Fadens abgewandert und ließen mich diese Zellen „als männlich“ ansehen.

Neben der *Spirogyra Weberi* war mit wenigen Fäden eine durchwegs lateral copulierende Spezies vorhanden, die ich als *Spirogyra Hassallii* (JENNER) PETIT identifizierte (Textfig. 5). Vegetative Zellen 32—38 μ dick, 5—8 mal so lang, im Faden alternierend gefaltete und ungefaltete Querwände. Zwei Chromatophoren mit $1^1/_2$—$2^1/_2$ Umgängen. Copulierende Zellen nur 4—6 mal so lang, etwas angeschwollen (von 36 μ auf 42 μ). Die Copulation über die gefaltete Querwand. Zygoten, im Längsschnitt länglich oval, 40—46 μ breit, ca. $2^1/_2$ mal so lang, Membran glatt, gelblich.

Daneben noch *Spirogyra varians* (HASS.) KÜTZ. Vegetative Zellen 34—38 μ dick. 2—3 mal so lang, ohne gefaltete Querwände. Ein Chromatophor mit 2—$3^1/_2$ Umgängen. Die Zellen des „weiblichen“ Fadens sind auf der Copulationsseite stark angeschwollen, Copulationspapillen kurz. Die dazwischen liegenden nicht copulierenden Zellen stark angeschwollen. Zygoten ellipsoidisch, 30—42 μ dick, 2 mal so lang, Membran glatt (Textfig. 6). Die zwei letztgenannten Arten waren relativ spärlich in dem Material verteilt, so daß in den kleinen Versuchsproben oft nur *Spirogyra Weberi* allein vertreten war. Die in der Tabelle zusammengestellten Versuche konnten nicht durchlaufend an den beiden letztgenannten durchgeführt werden.

Tabelle VI.

Spirogyra Weberi; Zellen in toto behandelt; fixiert am 10. Mai 1921 um 21,30 Uhr.

Säure	Dauer	Wässerung	Beizung	Färbung	Differenz	Resultat		Nr.
HCl, konz.	0,11	67,30	9,05	1,50	0,04	0—●	?	1
	0,43	66,05	8,50	1,50	0,06	●—0	?	2
	2,10	26,10	10,30	12.10	0,03	●	+	3
HNO_3, konz.	0,13	68,27	9,08	49.00	0,04	●	+	4
	0,44	116,30	8,50	49,12	0,02	●	+	5
	2,20	46,50	16,00	14.20	0 03	●	+	6
H_3PO_4, 83%	0,12	48,20	10.20	9,08	0,03	●	+	7
	1,10	110.00	8,20	10,20	0,03	●	+	8
	1,50	46,50	12,00	18,30	0,04	●	+	9

Die in dieser Versuchsgruppe gemachten Erfahrungen (Tabelle VI) decken sich fast völlig mit denen der früheren Experimente. Auch hier finden wir weitgewundene Chromatophoren und relativen Stärkemangel. In Versuch Nr. 1 und 2 der Tabelle ist allerdings Tinktionsverlust verzeichnet. Die Bilder der aus diesen Versuchen gewonnenen



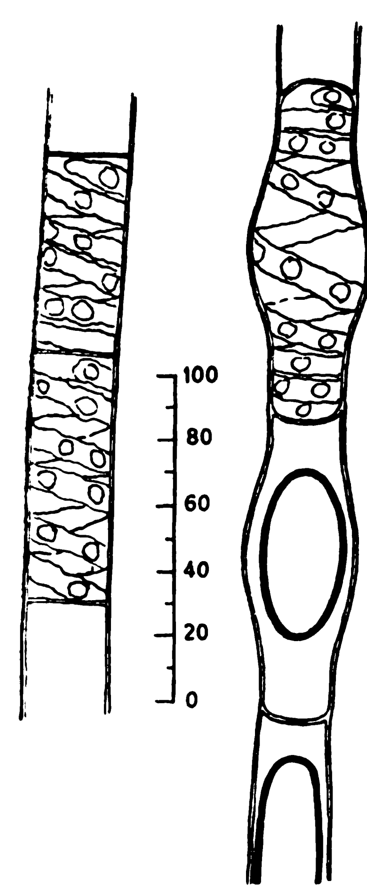
Dauerpräparate habe ich in naturgetreuen Zeichnungen (Taf. 14 Fig. 15 u. 16) wiedergegeben. Auch sie erinnern lebhaft an Lösung. In Versuch Nr. 3 war aber wieder eine normale Schwärzung erfolgt. So auch in den übrigen Versuchen. Deshalb habe ich die beiden ersten Versuche wiederholt, wobei ich aber die Färbungsdauer verlängert und die Differenzierung abgekürzt habe. Die Wiederholung ergab nun auch für diese Versuchsfälle eine Schwärzung des Nucleolus. Daraus folgere ich, daß bei der Färbung und Differenzierung eine gewisse Vorsicht angewendet werden muß. Während im unbehandelten Material sich die Pyrenoidkerne in Eisenalaun früher entfärben als der Nucleolus, beide aber den Farbstoff ziemlich lange bei der Differenzierung zurückhalten, entfärbt sich der Nucleolus nach der Säurebehandlung viel früher als die Pyrenoidkerne. Es darf somit kein allzulanger Farbstoffentzug erfolgen. In den Tabellen ist zwar die Zeitdauer der Differenzierung in Minuten angegeben; diese Daten sind aber für die Beurteilung fast völlig wertlos. Denn der Farbstoffentzug ging in der 2proz. Eisenalaunlösung sehr rasch vor sich, so daß oft eine nur 10 Sekunden längere Einwirkung von größerem Ausschlag waren. Die Einwirkungszeit in Sekunden zu verzeichnen, ist ein aussichtsloses Unternehmen, da die Entfärbung auch noch im destillierten Wasser eine gewisse Zeit hindurch vor sich geht. Auch die Diffusionsgeschwindigkeit schwankt, da doch die kleinen Mengen der Fäden von den einzelnen Versuchsproben schwankten und damit auch die, wenn auch mit Filtrierpapier nach Tunlichkeit entfernten, aber trotzdem noch dazwischen haftenden Lösungsreste. Vielleicht wäre für derartige Untersuchungen eine Lösung von geringerer Konzentration von Vorteil anzuwenden. Zusammenfassend stelle ich also auch für *Spirogyra Weberi* innerhalb der durchgeführten Versuche fest, daß ich in keinem Fall eine eindeutige Herauslösung des Nucleolus gefunden habe.

4. *Spirogyra mirabilis* (Hass.) Kütz.

Das letzt untersuchte Material stammte aus dem Hauptbassin des Botanischen Gartens der deutschen Universität Prag [1]), gesammelt am 8. Juni 1921. Den Hauptanteil an der Zusammensetzung der zur Untersuchung bestimmten Watten hatte die Parthenosporen bildende *Spirogyra mirabilis* (Textfig. 7). Vegetative Zellen 23—31 μ dick, 2—5$^1/_2$ mal so lang. Ein sehr breiter Chromatophor mit großen

[1]) Wohin sie vor Jahren aus dem Böhmerwald gebracht wurde.

Pyrenoidkernen, mit $3^1/_2$—6 Umgängen. Die Parthenosporenbildung wird meist durch eine starke Anschwellung der mittleren Zellenpartie eingeleitet, aber auch ohne vorhergegangene Verdickung kommt es zur Parthenosporenbildung. Sporen ellipsoidisch, 23—33 μ dick, 2—$2^1/_2$ mal so lang, mit glatter, brauner Membran. Die am 10. Juni um 15,00 Uhr fixierten Zellen waren außerordentlich stärkereich. Neben dieser fand sich noch eine Spezies von 98—105 μ Fadendicke, im übrigen vom Habitus der *Spirogyra setiformis.* Bestimmt werden konnte sie nicht. Auch sie besaß massenhaft Stärke.



Textfig. 7. *Sp. mirabilis.*

Nach der Form und dem Stärkereichtum der Chromatophoren schließend, erwartete ich an Hand der aus den früheren Versuchen gewonnenen Erfahrungen einen Tinktionsverlust. Dieser traf auch ein. Bei *Spirogyra mirabilis* findet sich ein breiter Chromatophor mit großen Pyrenoidkernen, die den Nucleolus an Größe bei weitem übertreffen. Der noch hinzutretende Stärkereichtum und der damit verbundene Wechsel der Lichtbrechungsverhältnisse macht es in manchen Fällen selbst beim unbehandelten Material schwierig, den Nucleolus mittels der HEIDENHAIN'schen Färbung eindeutig festzustellen (Taf. 14 Fig. 17). Es ist ein weitgehender Farbstoffentzug zu seiner Sichtbarmachung nötig. Ausgeführt wurden die in Tabelle VII zusammengestellten Versuche. An den Präparaten ist folgendes festzustellen. Bei dieser Spezies traten nach Säurezusatz besonders der Phosphorsäure noch viel deutlicher jene Erscheinungen zutage, die ich schon oben bei *Spirogyra* verzeichnet habe. Durch rasche kräftige Quellung der Stärkekörner nämlich wird der Außenkern zwischen die sich vergrößernden Stärkekörner hineingedrückt. Der Nucleolus behält aber seine Kugelform. Er besitzt schon nach 0,10 Stunden

Tabelle VII.

Spirogyra mirabilis. Fixiert am 10. Juni 1921 um 15 Uhr. Säurebehandlung der ganzen Zellen, Lagerung in Alkohol 6 Tage.

Säure	Dauer	Wässerung	Beizung	Färbung	Differenz	Resultat	Nr.
HCl, konz.	0.10	36,00	6,50	12,40	0,03	0 +	1
	0,55	42.00	8,00	18,30	0,04	0 +	2
	4,20	24,10	2.40	10,17	0,03	0 +	3
HNO_3, konz.	0,11	36.10	6,31	12,41	0,03	0 +	4
	1.10	43,00	8,10	18,31	0,04	0 +	5
	4,20	24,15	2,45	10,18	0,03	0 +	6
H_3PO_4, konz.	0,13	36,30	6,31	12,42	0,04	0 +	7
	1,12	43,20	8,10	18,35	0.05	0 +	8
	4,20	24,18	2,46	10,20	0,04	0 +	9

Säurebehandlung anscheinend keine Spur von Schwarz oder wenigstens leichter Graufärbung; er ist etwas grünlichgelb und in dem an und für sich schon schwer auffindbaren Außenkern mit Mühe festzustellen. An der zweiten unbestimmten *Spirogyra*-Spezies des Untersuchungsmateriales, die in allen Proben enthalten war, lassen sich keine genaueren Angaben machen, weil die Zellen noch zu viel Farbstoff gespeichert enthielten, der mit Rücksicht auf die *Spirogyra mirabilis* nicht weiter entfernt werden konnte. Zwischen den dunkel gefärbten Chromatophoren und den gequollenen Stärkekörnern war überall ein schwarz gefärbter Nucleolus sichtbar. Vielleicht wären diese Nucleolen bei fortgesetztem Farbstoffentzug auch rauchgrau bzw. farblos geworden, das konnte ich, wie schon bemerkt, nicht feststellen. Zusammenfassend stelle ich also fest, daß auch bei *Spirogyra mirabilis* nach Säurebehandlung keine anderen Verhältnisse anzutreffen sind, als sie schon bei *Spirogyra setiformis* angegeben wurden. Bilder, wo unzweideutig an Stelle des Nucleolus durch die Agentienwirkung eine Vakuole entstanden wäre, konnten nirgends festgestellt werden. Durch Jodzusatz wurde nicht viel Neues gewonnen, nach Salpeter- und Phosphorsäure färbte sich das Zellumen dunkelblau; dadurch war der Nucleolus der Sichtbarkeit entzogen; nach Salzsäure bot sich das gleiche Bild des Nucleolus wie nach der Hämatoxylinfärbung.

IV. Zusammenfassung.

Bei der vorläufigen Nachprüfung der Tröndle'schen Nucleoluslöslichkeit an *Spirogyra* hat sich ergeben, daß bei den untersuchten Arten von einer Löslichkeit nicht gesprochen werden kann.

I. Durch Säuren, Salzsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure und, soweit untersucht, auch durch Kalilauge wird die Tinktions-

fähigkeit des Nucleolus für Eisenhämatoxylin — in ganzen behandelten Zellen — herabgesetzt. Es entstehen, wenn der Tinktionsverlust weitgehend ist, Bilder, die sehr an eine Lösung glauben lassen, besonders wenn die untersuchten Nucleolen klein sind. 2—4 μ.

II. Solche Bilder dürften jenen Autoren vorgelegen haben, die von einer Lösung des Nucleolus bei *Spirogyra* gesprochen haben.

III. Die Behauptung, daß die Tinktionsfähigkeit herabgesetzt wird, darf nicht generell als für alle *Spirogyra*-Spezies geltend hingestellt werden. Nicht einmal für eine bestimmte Spezies wird sie unter allen Umständen zutreffen. Selbst Zellen eines einzelnen Fadens werden nicht die gleichen Bilder zeigen.

IV. Aus den Untersuchungsergebnissen scheint hervorzugehen, daß es irgendwelche Stoffe kolloidaler Natur sind, die beim Experiment mit der ganzen Zelle durch die Zellmembran nicht hindurchtreten können und dadurch die Tinktionsfähigkeit irgendwie beeinflussen. Der auffallende Parallelismus zwischen Stärkereichtum und Tinktionsverlust, der aus dem Mitgeteilten hervorgeht, läßt vorderhand die durch Säure gelöste Stärke, möglicherweise wenn nicht als alleinigen, so doch als einen der wichtigsten Urheber der herabgesetzten Färbbarkeit vermuten.

V. Bei den untersuchten sieben bestimmten und zwei unbestimmten *Spirogyra*-Spezies gab es nirgends Fälle von tatsächlicher Herauslösung des Nucleolus. Bilder scheinbarer Herauslösung, die (vermutlich) nur in stärkereichen Zellen anzutreffen sind, konnten nie erzielt werden, wenn der Versuch in der Weise abgeändert wurde, daß durch die Verwendung von Schnittmaterial eine Anhäufung gelöster Stärke innerhalb intakter Zellmembranen vermieden wurde. Solche Bilder wurden auch dann nicht erhalten, wenn für eine gründliche Wässerung gesorgt oder der Farbstoff nicht allzusehr entzogen wurde. Das letztgenannte Moment ist sehr wichtig für den färberischen Nachweis der Nucleolen im ganzen mit Säure behandelten Zellen, da bei ihnen das Vermögen der Farbstoffspeicherung und das Vermögen, den Farbstoff bei der Differenzierung festzuhalten, in Beziehung zu stehen scheint zur Stärkemenge in den behandelten Zellen.

Prag II, Weinberggasse 3a.
Botanisches Institut der Deutschen Universität, August 1921.

Literaturverzeichnis.

Von der für diese Untersuchungen durchgesehenen zahlreichen, besonders cytologischen Literatur führe ich hier keine besonders an, da sie für die Fragestellung nichts oder sehr wenig Wesentliches bringen. Neben bekannten Nachschlagewerken waren genau zu berücksichtigen:

KAUFMANN, H.: Über den Entwicklungsvorgang von Cylindrocystis. Zeitschr. f. Bot. Bd. 6 1914.

MEUNIER, A.: Le nucléole des Spirogyra. La Cellule T. 3 1886. (War mir nicht zugänglich, zitiert nach TRÖNDLE)

MEYER, A.: Morphologische und physiologische Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere. I. Teil. Jena (Fischer) 19_0.

NĚMEC, B.: Das Problem der Befruchtungsvorgänge und andere cytologische Fragen. Berlin (Bornträger) 1910.

TRÖNDLE, A.: Der Nucleolus von Spirogyra und die Chromosomen höherer Pflanzen. Zeitschr. f. Bot. Bd. 4 1912.

ZACHARIAS, E.: Die chemische Beschaffenheit von Protoplasma und Zellkern. Progr. rei botanicae Vol. 3 1910.

ZIMMERMANN, W.: Zur Entwicklungsgeschichte und Cytologie von Volvox. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 60 H. 2 1921.

Tafelerklärung.

Tafel 14.

Sämtliche Figuren sind mittels REICHERT'scher $^1/_{12}$ hom. Immers., Oc. Nr. 4 und Zeichenapparat entworfen mit Ausnahme der Figuren 1 und 2, bei denen Oc. Nr. 5 verwendet worden ist.

Fig. 1. *Spirogyra* sp. (*Sp. communis*-Schnittmaterial.) Unbehandelter und gefärbter Kern.

Fig. 2. Desgl. (*Sp. communis*-Schnittmaterial.) Tab. II, Vers. Nr. 15. 1 Stunde in konz. Salpetersäure und gefärbt.

Fig. 3. *Sp. communis*. Ganzes Material. Tab. III, Vers. Nr. 6. 4 Std. 50 Min. in konz. Salpetersäure und gefärbt.

Fig. 4. Desgl. Unbehandelter und gefärbter Kern.

Fig. 5. Desgl. Ganzes Material. Tab. III, Vers. Nr. 11. 10 Min. in 2proz. Kalilauge und gefärbt.

Fig. 6. *Sp. setiformis*. Unbehandelter und gefärbter Kern. Ganze Zellen.

Fig. 7. Desgl. Ganzes Material. Tab. IV, Vers. Nr. 6. 1 Std. in konz. Salzsäure und gefärbt.

Fig. 8. Desgl. Ganzes Material. Tab. IV, Vers. Nr. 11. 23 Min. in konz. Salpetersäure und gefärbt. Der Außenkern tief schwarz gefärbt.

Fig. 9. Desgl. Das gleiche Objekt von der Seite.

Fig. 10. Desgl. Ganzes Material. Tab. IV, Vers. Nr. 17. 23 Min. in 83proz. Phosphorsäure. Außenkern von der quellenden Stärke verdrängt.

Fig. 11. Desgl. Ganzes Material. Unbehandelter und ungefärbter Kern.

Fig. 12. Desgl. Derselbe Kern nach ca. 1 Min. langer Lagerung in 2 proz. Kalilauge.

Fig. 13 u. 14. *Sp. Weberi.* Ganzes Material. Unbehandelt und gefärbt.

Fig. 15. Desgl. Ganzes Material. Tab. VI, Vers. Nr. 2. 43 Min. in konz. Salzsäure und gefärbt.

Fig. 16. Desgl. Ganzes Material. Tab. VI, Vers. Nr. 1. 11 Min. in konz. Salzsäure und gefärbt.

Fig. 17. *Sp. mirabilis.* Ganzes Material. Unbehandelt und gefärbt.

Fig. 18. Desgl. Ganzes Material. Tab. VII, Vers. Nr. 5. 1 Std. 10 Min. in konz. Salpetersäure und gefärbt.

Fig. 19. Desgl. Ganzes Material. Tab. VII, Vers. Nr. 9. 4 Std. 20 Min. in 83 proz. Phosphorsäure und gefärbt.

Tafel 15.

Aufgenommen mit Reichert's $^1/_{12}$ hom. Immers. und Oc. Nr. 2 als Kanadabalsampräparat, ausgenommen Fig. 7, die mit Leitz Obj. Nr. 6 und Oc. Nr. 2 erfolgt war. Fig. 8 vom in Wasser liegenden Objekt mit Immersion. Balglänge schwankte.

Fig. 1. *Spirogyra fallax.* Tab. II, Vers. Nr. 7. Schnittmaterial 2 Std. in konz. Salzsäure und gefärbt.

Fig. 2. *Sp. communis.* Tab. III, Vers. Nr. 5. Ganzes Material 1 Std. in konz. Salpetersäure und gefärbt.

Fig. 3. *Sp. setiformis.* Unbehandelter und gefärbter Kern.

Fig. 4. Desgl. Tab. IV, Vers. Nr. 2. Ganzes Material 10 Min. in konz. Salzsäure und gefärbt.

Fig. 5. Desgl. Tab. IV, Vers. Nr. 6. Ganzes Material 1 Std. in konz. Salzsäure und gefärbt.

Fig. 6. Desgl. Tab. IV, Vers. Nr. 20. Ganzes Material 56 Min. in 83 proz. Phosphorsäure und gefärbt.

Fig. 7. Desgl. Tab. V, Vers. Nr. 6. Schnittmaterial 1 Std. in konz. Salpetersäure und gefärbt.

Fig. 8. Desgl. Tab. IV, Vers. Nr. 23. Ganzes Material in 2 proz. Kalilauge und gefärbt.

Istituto d'Istologia ed Embriologia dell'Università di Varsavia.
(Dir.: Prof. Dr. M. Konopacki.)

Ricerche sperimentali sulla coniugazione degli Infusori.

II. Influenza della coniugazione sulla produzione dei materiali di riserva nel *Paramaecium caudatum.*[1])

Del
Juljusz Zweibaum.

(Con tavola 16 e 17.)

Nella prima parte di questo lavoro ho fatto vedere che le facoltà ossidative degli infusori crescono considerevolmente dopo la coniugazione. Questo fatto mi ha permesso di supporre che in rapporto colla riduzione delle facoltà ossidative degli infusori anche le facoltà sintetiche debbono subire prima di coniugazione una forte riduzione e che solamente la ricostruzione del macronucleo è capace riorganizzare queste facoltà.

Infatti le prime esperienze mi hanno mostrato che la quantità del glicogeno nella cellula è ridotta al minimo prima di coniugazione, mentre dopo la coniugazione insieme coll'aumento della facoltà ossidative cresce notevolmente anche la quantità del glicogeno.

In questa parte del lavoro ho studiato minutamente il comportamento dei materiali di riserva in rapporto colla coniugazione degli infusori. Nella letteratura protistologica non esistono dei lavori sopra questi argomenti.

---

[1]) Presentato alla Società di Scienze di Varsavia il 5 Marzo 1921.

Unicamente, Certes, nel 1888 studiando il glicogeno del *Paramaecium* dice: „Je n'ai pas remarqué que les Infusoires conjugués ou en voie de reproduction fissipare fussent beaucoup plus fortement colorés que les autres".

Essendo stabilito che le facoltà ossidative degli infusori diminuiscono considerevolmente prima di coniugazione dobbiamo supporre che anche i fermenti sintetici di cellula subiscono la stessa sorte.

Molti autori hanno costatato la presenza dei fermenti nella cellula dei protozoi. Cosi il Mouton e Mesnil hanno scoperto nel *Paramaecium* una diastasi simile all'amibodiastasi ed actinodiastasi vicine alla tripsina. Più tardi il Prowazek ha potuto costatare col metodo di colorazione vitale che i cosidetti „Fermentkörper" del *Colpidium* spariscono prima e riappaiono dopo la coniugazione.

Inoltre Krukenberg, Beijerinck e Glasner hanno pure scoperto i fermenti nella cellula dei protozoi.

Le ricerche dei diversi autori sopra il glicogeno e grassi contenuti negli infusori furono fatti coi metodi primitivi molto tempo fa. Mi permetto perciò di fermarmi un po più dettagliatamente sui metodi usati da me. Il metodo di iodio usato prima da molti autori non è raccomandabile, giacchè il iodio ci da tutt'una scala di tinte le quali rendono molto difficile il apprezzare la quantità del glicogeno contenuto nella cellula. Inoltre i preparati fatti con questo metodo sono instabili e dopo pochi giorni perdono la loro colorazione.

Tuttavia il metodo di iodio ci permette di stabilire la posizione del glicogeno, cioè i luogi di maggior accumulazione di questo materiale di riserva nella cellula. L'ho usato come metodo di controllo dei risultati ottenuti col metodo di Best.

Tutti miei preparati furono fatti con metodo di Best e controllati col metodo di iodio-xylolo. Col metodo di Best ottenevo ottimi risultati.

Infusori furono concentrati nella centrifuga e fissati con formalina ed alcool assoluto in parti uguali, oppure fissati con acido trichloracetico 10 %. Prima di fissazione gli infusori furono lavati parecchie volte con acqua potabile. Questo lavaggio è raccomandabile, giacchè le piccole particelle della cultura si fissano alle ciglia degli infusori e subiscono una forte colorazione col carminio di Best.

Il liquido fissatore deve essere somministrato in una volta, giacchè nel caso contrario si formano nell'endoplasma molte vacuole.

Dopo la fissazione gli infusori furono lavati con alcool assoluto e poi trattati con carminio do Best.

Il carminio di Best fu preparato in modo seguente: Carminio 2, Kali Carbonicum 1, KCL 5 e 60 cc^3 di H_2O. Qui aggiungevo 20 cc^3 di NH_4OH. Per 2 parti di questo liquido aggiungevo 3 parti dell' alcool metilico e 3 parti del NH_4OH. — Colorazione deve durare da 5 a 10 minuti, la differenziazione da 5—7 minuti. Il liquido differenziatore fu di 2 parti dell' alcool assoluto e 1 parte del NH_4OH.

Il colorante nucleare fu il Bleu de Lyon in alcool assoluto. La colorazione deve durare da 7 a 10 minuti. Tutti altri passaggi furono abituali. I preparati colorati con questo metodo sono durevoli e dopo molti mesi non differiscono affatto dai freschi. Il plasma si tinge in color celeste, il macronucleo in bleu scuro molto intensamente, il glicogeno rosso brilante.

Per i grassi, infusori furono fissati con sublimato saturo o con formalina, poi lavati con acqua. In seguito venivano gli alcool da 25 % a 50 %. La colorazione fu fatta con Sudano III in alcool a 70 % — 10 minuti — poi veniva lavaggio con alcool a 50 % due volte. Certi preparati furono colorati con Cianina. Il colorante nucleare fu l'ematossilina Gagè o Toluidina.

Per acidi grassi ho usato il metodo di Fischler e Nilblausulfat. Con quest' ultimo non ho ricevuto però la colorazione bene differenziata dei diversi grassi.

I preparati sul glicogeno furono fatti in toto o in sezioni, sui grassi unicamente in toto.

La esperienze furono fatte con *Paramaecium caudatum*.

Gli infusori provenivano dalla cultura nel periodo preconiugativo, cioè dalla cultura appropriata alla coniugazione per mezzo del digiuno prolungato e dalla cultura „N_3“ la quale mi ha fornito da se stessa gli infusori atti alla coniugazione. Gli infusori nel periodo postconiugativo provenivano da una sola coppia isolata. Le culture furono tenute alla temp. 23° C e riccamente alimentate con fieno. Il liquido culturale era cambiato ogni 3 o 4 giorni.

Prima di fermarmi sui risultati ottenuti nelle mie ricerche vorrei in breve descrivere la morfologia dei materiali di riserva del *Paramaecium caudatum*.

Glicogeno.

Il glicogeno, come materiale di riserva degli Infusori fu scoperto nel *Paramaecium* da Maupas. Questo autore ha studiato il glicogeno per mezzo di „iodure iodè“ e ha potuto constatare che i diversi individui subiscono una colorazione diversa. Così, certi mostrano una colorazione diffusa, uniforme, altri invece mostrano colorata una

sola parte del corpo. Nessuna parte però non si osservano i contorni delle granulazioni glicogeniche come si osserva nelle Gregarine.

Anche nel caso quando l'autore ha visto i granuli del glicogeno — le considera solo come formate in seguito alla fissazione. Una volta sola, l'autore ha constatato nel *Paramaecium* l'assenza completa del glicogeno. Nel *Coleps hirtus* il glicogeno apparisce coi stessi caratteri.

Certes trova il glicogeno nel *Chilodon*, *Vorticella* ed *Opalina*. Anche questo autore considera il glicogeno come una sostanza mezzoliquida „gommeux". Nel *Chilodon* invece il glicogeno apparisce sotto forma di granuli da 1 a 16 μ. Secondo questo autore ne la temperatura, ne la natura dell'ambiente non hanno effetto sul comportamento del glicogeno di questi infusori.

Maggi, Barfourth e Meissner trovano il glicogeno nel *Nyctotherus*, *Bursaria*, *Stentor* e molti altri infusori.

Fabre-Domergue invece ha osservato il glicogeno sotta forma di granulazioni nel *Paramaecium*, *Stylonychia*, *Prorodon*, *Circostomum*, *Glaucoma*. Pütter pure ha osservato nel *Paramaecium* il glicogeno sotto forma di granuli.

Tutti autori sono d'accordo che il glicogeno si trova nella cellula di *Paramaecium* diversamente dislocato. Così, certi individui hanno il endoplasma completamente riempito del glicogeno, altri invece ne contengono solo lungo una parete del corpo. Secondo Pütter il glicogeno si trova dislocato nella cellula secondo 3 tipi. Nel primo tipo il glicogeno si trova ai due poli della cellula, nel secondo unicamente sull'uno dei poli, nel terzo tipo esso forma due striscie granulose ai due lati di cellula.

Secondo questo autore molti individui sono completamente sprovisti del glicogeno.

Debbo qui aggiungere che tutte le dislocazioni descritte del glicogeno nella cellula dipendono probabilmente da cause artificiali in seguito alla fissazione.

Secondo le mie osservazioni sopra *Paramaecium caudatum*, il glicogeno trattato con metodo di Best forma minute granulazioni di diversa grandezza tanto nell'ectoplasma, quanto nell'endoplasma, formando qualche volta accumulazioni tanto fitte da sembrare una massa uniforme. Trattando gli infusori direttamente colla soluzione di Lugol non ho potuto mai osservare il glicogeno sotto una forma di granuli. Col metodo di iod-xilolo si osserva spesso oltre alla massa uniforme le singole granulazioni del glicogeno.

Questo indica che il glicogeno del *Paramaecium* puo apparire

tanto sotto forma di granuli come sotto una forma più o meno liquida.

I granuli possono accumularsi sia lungo una parete del corpo, formando una larga striscia immediatamente sotto la membrana cellulare (fig. 9), sia all'uno o due poli della cellula. Nei casi rari il glicogeno riempie quasi completamente tutto il citoplasma (fig. 10). Nelle culture riccamente alimentate solo eccezionalmente si possono trovare individui completamente sprovisti del glicogeno o provisti di quantità molto piccole di questo materiale di riserva.

Nelle culture alimentate irregolarmente la quantità del glicogeno oscilla in grado assai forte.

Le più piccole granulazioni appariscono generalmente nella parte centrale del corpo, spesso tutt'all'intorno del macronucleo. In vicinanza dell'ectoplasma le dimensioni dei granuli aumentano.

Individui provenienti dalle culture bene alimentate contengono in generale quantità molto grande del glicogeno.

Il comportamento del glicogeno ed il suo carattere, come l'abbiamo descritto sopra, si osserva ancora 5 o 6 mesi dopo la coniugazione nelle culture riccamente alimentate.

In prossimità però del periodo coniugativo, come ho potuto osservare nel caso di cultura „N_3“ e nelle culture artificialmente adattate alla coniugazione, i materiali di riserva mostrano un carattere molto diverso tanto dal punto di vista morfologico quanto microchimico. Quest'ultimo riguarda unicamente i grassi.

Secondo l'opinione generalmente accettata gli infusori nel periodo preconiugativo si trovano in istato di depressione ossia di degenerazione senile. Morfologicamente questa digenerazione non si manifesta ancora e gli infusori non differiscono affatto dai normali in pieno vigore di vita: solo le loro dimensioni sono un po diminuite. Il macronucleo possiede ancora la sua abituale consistenza e non si osserva nessuna parte ne la vaccuolizzazione, ne la frammentazione di quest'organo.

Il citoplasma pure mostra la sua abituale consistenza. Secondo il Calkins però, nel citoplasma si osserva una quantità assai grande di piccolissimi granuli. Sulla natura di questi granuli l'autore non si pronuncia. La quantità delle vacuole nutritizie è pressopoco la stessa come nel periodo postconiugativo.

Tutti questi caratteri si osservano tanto negli individui provenienti dalla cultura „N_3“, quanto nelle culture artificialmente adattate alla coniugazione.

Per ottenere queste culture ho usato il metodo descritto da me

qualche anni fa: culture già adattate alla coniugazione furono in parte portate nell'altro recipiente e nutrite col infuso di fieno. Liquido culturale fu cambiato ogni 3 o 4 giorni. Già dopo 7 o 10 giorni troviamo in questa cultura una quantità molto grande degli individui atti alla coniugazione.

I preparati furono fatti però solo dopo 15—20 giorni dal momento dello sviluppo di una simile cultura.

Il carattere ed il comportamento del glicogeno nel periodo preconiugativo fu simile tanto nella cultura „N_8“ come nelle culture artificialmente adattate alla coniugazione.

Non troviamo più, nel periodo preconiugativo, delle grosse granulazioni del glicogeno. Appariscono invece in quantità molto piccola più o meno fitte masse di minutissimi granuli.

L'ectoplasma non mostra più affatto le granulazioni glicogeniche e non si osservano le tipiche striscie uni- o bilaterali di grossi granuli. Molto di rado si osserva l'accumulazione di questo materiale di riserva ai due poli di cellula. Nella maggioranza dei casi troviamo intorno al macronucleo una più o meno fitta zona circolare del glicogeno, composta di minutissimi granuli (fig. 1 e 2). Nel citoplasma si possono osservare singolari granuli o piccoli cumuli del glicogeno. Molto spesso si osservano individui completamente o quasi sprovisti di questo materiale. Raramente invece in queste culture si osservano individui contenenti quantità forti del glicogeno.

Questi sono, forse, individui non atti alla coniugazione, giacchè nella cultura „N_8“ dove il numero degli individui atti alla coniugazione fu relativamente piccolo, la quantità degli individui provisti di forte quantità del glicogeno. fu assai grande.

Individui in coniugazione tanto provenienti dalla cultura „N_8“, quanto dalle culture artificialmente adattate alla coniugazione mostrano sempre piccole quantità di questo materiale di riserva.

Questa diminuizione del glicogeno nella cellula non è affatto il risultato della mancanza di nutrizione, giacchè in tutti casi le culture furono riccamente alimentate.

La diminuizione dei materiali di riserva nel periodo preconiugativo deve essere indubbiamente l'espressione della diminuita facoltà sintetica dei fermenti di cellula, i quali perdevano progressivamente le sue facoltà funzionali, mercè l'azione tossica dei prodotti del ricambio materiale della cultura.

L'organismo, non potendo più assimilare intensamente, malgrado l'abbondanza di nutrizione nella cultura, utilizza progressivamente



quelli materiali di riserva i quali si trovano ancora nella cellula sotto forma degli idrati di carbonio.

Infatti, confrontando gli infusori dalla cultura appropriata alla coniugazione cogli individui dalla cultura non appropriata risale colla massima evidenza la differenza nella quantità del glicogeno contenuto negli individui di queste due culture.

Abbiamo detto inoltre che esistono pure le differenze notevoli tra gli individui atti alla coniugazione della stessa cultura. Queste differenze infatti risalgono molto chiaramente durante l'accoppiamento stesso.

Infatti, già dai primi stadi di coniugazione risale un fatto di grande importanza biologica, precisamente l'unione degli individui contenenti essenzialmente quantità molto diverse del glicogeno. Nella maggioranza di casi l'individuo destro di coppia contiene meno dell' altro o nulla del glicogeno.

Secondo il rapporto reciproco di quantità del glicogeno nei due individui accoppiati ho potuto distinguere tre tipi di coppie.

Nel primo tipo le differenze nella quantità del glicogeno sono molto deboli: tanto individuo destro come quello sinistro contengono quantità minimi del glicogeno (fig. 3). Nel secondo tipo l'individuo destro contiene pochissimo del glicogeno, mentra il sinistro ne contiene molto di più (fig. 4).

Nel tipo terzo infine l'individuo destro è completamente sprovisto del glicogeno, il sinistro ne contiene poco.

Su 892 coppie esaminate minutamente ho trovato solo 14 % del primo tipo, 76 % del secondo e 10 % del terzo.

Su 100 % di coppie abbiamo dunque 86 % di coppie colla notevole differenza nella quantità del glicogeno.

Debbo qui aggiungere che tutte le stimazioni dubbie furono riportate al primo tipo di coppie.

Possiamo dunque ammettere che le differenze di quantità del glicogeno nei due individui accoppiati esistono effettivamente. Le differenze dei due individui di una coppia sembrano apparire ugualmente in vivo mediante la colorazione con Rosso-neutro.

Mi mancano qui però i dati numerici, giacchè il rosso neutro non favorizza lo sviluppo delle epidemie di coniugazione.

Questo fatto puo avere un' importanza capitale per la questione del dimorfismo sessuale degli infusori, ma richiede ancora delle ricerche più estese.

In misura di sviluppo del processo di coniugazione si osserva nella cellula ulteriore diminuizione del glicogeno. La mancanza

completa o quasi del glicogeno si osserva anche il 18 ore dopo la coniugazione (fig. 5).

Dopo la ricostruzione del macronucleo possiamo osservare nella cellula le quantità sempre maggiori del glicogeno.

Infatti, sviluppando una cultura da una sola coppia già 5 giorni dopo ho potuto osservare disperse in tutto endoplasma i granuli del glicogeno di diversa grandezza (fig. 6). In condizioni di buona alimentazione la quantità del glicogeno deposto nella cellula aumenta sempre, tantochè 12 giorni dopo la coniugazione troviamo già nella cellula le notevoli quantità di questo materiale di riserva (fig. 7 e 8). Esso aumenta ancora per un certo tempo ed arriva al suo massimo verso la 4 o 6 settimana dopo la coniugazione, mantenendosi allo stesso livello nelle culture riccamente alimentate ancora 5 o 6 mesi dopo la coniugazione (fig. 9 e 10). La posizione del glicogeno in questo tempo non subisce nessuna modificazione.

La cellula dunque, ancora parecchi mesi dopo la coniugazione conserva pienamente le sue facoltà funzionali.

Vediamo dunque, che in rapporto colla ricostruzione dell'apparecchio nucleare segue la riorganizzazione delle funzioni sintetiche di cellula.

Sappiamo d'altra parte (Hofer ed altri) che solo i frammenti nucleati di cellule posseggono le facoltà digestive, il che indica che il nucleo prende una parte essenziale nella produzione dei fermenti. Nel periodo, dunque, preconiugativo, come possiamo giudicare in base della quantità del glicogeno, le funzioni dei fermenti sono molto ridotte o completamente estinte, giacchè la cellula nonostante l'abbondanza degli alimenti nell'ambiente non puo più formare questo materiale di riserva.

Dopo la ricostruzione del macronucleo invece avviene la riorganizazione delle funzioni dei fermenti e con essa l'assimilazione degli alimenti e le produzione dei materiali di riserva. Questa riduzione delle facoltà sintetiche del macronucleo si collega e si sviluppa probabilmente in modo paralello colla riduzione progressiva delle funzioni ossidative di cellula.

Abbiamo visto, infatti, nella prima parte di questo lavoro che nel periodo preconiugativo le funzioni ossidative di cellula sono molto ridotte, il che vuol dire che i fermenti ossidativi di cellula hanno già perduto quasi completamente le loro facoltà funzionali. La cellula non potendo più deporre del glicogeno deve utilizzare quelle piccole quantità le quali vi si trovano ancora sotto forma

degli idrati di carbonio e, per conseguenza, la quantità di questo materiale di riserva deve essere necessariamente molto ridotta nel periodo preconiugativo.

In condizioni anossibiotiche come sappiamo dal lavoro di Pütter, il glicogeno sparisce dalla cellula. Infatti, come ho potuto constatare, gli infusori già dopo 72 ore in queste condizioni presentano quantità molto piccole di questo materiale e dopo 92 ore la cellula ne écompletamente sprovista.

In pieno accordo con queste considerazioni stanno i risultati ottenuti nello studio del comportamento dei grassi contenuti nella cellula nel periodo pre- e postconiugativo.

L'indebolimento delle funzioni dei fermenti ossidativi causa l'insufficienza dell'ossidazione di cellula e provoca lo sviluppo di una grande quantità del grasso. Però, come vedremo più avanti, il grasso quale si osserva nel periodo preconiugativo differisce essenzialmente dal grasso neutro, tanto dal punto di vista morfologico quanto microchimico. Esso ha tutti i caratteri del grasso, il quale apparisce nella cellula del *Paramaecium* nelle condizioni asfittiche.

Grassi.

I grassi degli infusori furono studiati da Meissner nel *Paramaecium*, *Climacostomum virens*, da Fabre-Domergue nella *Stylonychia*, *Prorodon niveus* e molti altri infusori. Schewiakoff studia i grassi del *Nassula aurea*, Nussbaum nell'*Opalina ranarum*. Nierenstein ha studiato il comportamento dei grassi durante il digiuno ed una ricca alimentazione. Secondo questi autori il grasso contenuto nella cellula degli Infusori costituisce il vero materiale di riserva. Nessuno però degli autori citati non ha studiato il comportamento dei grassi in rapporto colla coniugazione degli infusori e nella letteratura protistologica non troviamo affatto le notizie relative al comportamento dei grassi durante la cosidetta digenerazione senile degli infusori.

I grassi furono studiati per mezzo dell'acido osmico e con Sudano III e secondo tutti autori essi appariscono nell'endoplasma sotto forma di goccie di diversa grandezza.

Secondo le mie osservazioni i grassi del *Paramaecium caudatum* in condizioni di ricca alimentazione appariscono unicamente nell' endoplasma. Essi si accumulano di preferenza nella parte superiore di cellula, dove formano accumulazioni assai fitte e si trovano pure spesso ai lati di cellula proprio al confine con ectoplasma. In mezzo

all'endoplasma si trovano invece disperse più liberamente le goccie più piccole (fig. 11 e 12). In immediata vicinanza col macronucleo la quantita del grasso è piccola.

Le goccie più grandi appariscono generalmente all'estremità anteriore del corpo e più raramente al posteriore. Le più piccole appariscono in mezzo dell'endoplasma ed ai lati di cellula.

Le variazioni individuali apparivano raramente nelle mie culture. Tra una grande quantità di individui osservati solo un piccolissimo numero di essi conteneva piccole quantità del grasso; nella maggioranza di casi la cellula ne conteneva quantità considerevoli.

Colorando i preparati con Sudano III si osserva molto spesso che singolari goccie del grasso si tingono diversamente. La maggior parte di queste prendono il color rosso-mattone.

Questi sono i grassi neutri ed appariscono in forma di grosse goccie. Tra queste appariscono di preferenza all'estremità anteriore del corpo le goccie più piccole sempre in numero molto piccolo (1—4) le quali si tingono in giallo-rossicio e sono più chiare. Esaminando i preparati non colorati alla luce polarizzata ho potuto svelare quasi in tutti i casi alla parte anteriore del corpo un piccolo numero di goccie le quali mostrano chiaramente la doppia rifrazione. I preparati colorati, invece, non la mostrano più.

Questi sono dunque gli eteri di colesterina (Kavamura).

Nelle culture riccamente alimentate il numero di quest'ultimi è generalmente molto piccolo; nelle culture in digiuno o irregolarmente alimentate la quantità di eteri di colesterina diventa invece più grande, montre le grosse goccie di grassi neutri diminuiscono Questa riduzione delle goccie di grassi neutri comincia in generale nella parte centrale di cellula e progredisce verso la periferia.

Nel periodo preconiugativo la quantità dei grassi e loro carattere morfologico e microchimico presentano forti cambiamenti. Infatti, gli individui della cultura „N_8“ e delle culture artificialmente adattate alla coniugazione, trattati con Sudano III non mostrano più quelle forti accumulazioni del grasso in forma di grosse goccie tanto caratteristiche del periodo postconiugativo. Appariscono invece in quantità molto grande, disperse in tutta la cellula, piccolissime goccie di grassi con un carattere completamente diverso di quelle osservate dopo la coniugazione (fig. 13). Nelle culture artificialmente adattate alla coniugazione il numero degli individui contenenti il sopradetto grasso è molto più grande di quello della cultura „N_8“.

Le sopradette piccolissime goccie di grasso appariscono tanto nell'ectoplasma quanto nell'endoplasma mentre dopo la coniugazione

le grosse goccie di grasso si accumulano unicamente nell'endoplasma. Certe di queste goccioline sono più grosse e si tingono qualche volta in giallo-rossicio chiaro, altre invece, molto più numerose sono più piccole e si tingono sempre in giallo bruno. Il Sudano III differenzia però raramente in periodo preconiugativo questi diversi grassi, ma osservando i preparati non colorati, alla luce polarizzata, si svela sempre un certo numero di goccie con una tipica croce. Questa croce sparisce riscaldando il preparato e riappare con suo raffredamento. Tutte le altre goccioline ci danno invece alla luce polarizzata une reazione negativa.

Siamo dunque in presenza degli eteri di colesterina nel primo caso e forse dei acidi grassi nel secondo.

La reazione ottenuta trattando gli infusori coi metodi di Fischler, Ciaccio e Nilblausulfat ci sembra parlare in favore di questa supposizione.

In mezzo a queste goccioline si puo trovare anche in piccolo numero le goccie rosse più grandi dei grassi neutri.

Gli eteri di colesterina appariscono in generale in quantità relativamente non molto grande, sempre superiore però di quello che si osserva dopo la coniugazione. Calkins e Cull hanno pure osservato nel periodo di depressione del *Paramaecium* une quantità di piccolissime goccie fortemente rifrangenti la luce.

Medesime granulazioni ha osservato il Calkins nei cadaveri di *Paramaecium* ed il Provazek nelle *Colpoda* invecchiate. Nessuno però di questi autori non si pronunzia affatto sulla natura di queste granulazioni.

In condizioni asfittiche già dopo 24 ore nell'endoplasma del *Paramaecium* cominciano apparire numerose goccioline del grasso. Una parte di queste mostra tutti i caratteri degli eteri di colesterina. Altre invece sono identiche con quelle osservate nel periodo preconiugativo.

In mezzo di queste si trova una quantità di grassi neutri.

Dopo 48 ore la quantità di piccole goccie aumenta considerevolmente, mentre le grosse goccie appariscono in numero molto piccolo e si trovano quasi unicamente al confine con ectoplasma (fig. 14).

I cadaveri di *Paramaecium* mostrano quasi unicamente le piccole goccie di grassi (fig. 15). Questi grassi hanno, come vediamo, tutti i caratteri dei grassi osservati nel periodo preconiugativo.

La scomparsa di grosse goccie di grassi neutri costituisce un carattere specifico degli infusori nel periodo preconiugativo come

pure un carattere specifico di questo periodo costituisce l'apparizione anche nell'ectoplasma, di numerose piccole goccioline degli eteri di colesterina e forse di acidi grassi.

Questa scomparsa di grassi neutri ci mostra chiaramente che gli infusori in questo periodo di vita non possono formare i grassi come materiale di riserva, nonostante l'abbondanza del cibo nell' ambiente.

Dopo la riorganizzazione del macronucleo alla quale segue la ricostruzione dei processi ossidativi di cellula si osserva la scomparsa progressiva e completa delle piccole goccioline tipiche del periodo preconiugativo. Insieme con questo avviene la produzione dei grassi neutri in forma di grosse goccie.

Questo fatto ci conferma la supposizione che la forte proliferazione di grassi differenti dei grassi neutri, la quale si osserva prima di coniugazione, è strettamente legato collo stato di depressione al quale giunge la cellula in questo periodo e ci fa pensare ad una specie di digenerazione grassa del *Paramaecium* nel periodo preconiugativo.

Nella maggior parte di casi di digenerazione grassa degli animali superiori come pure nei casi di insufficienza dei procesi ossidativi si osserva infatti la presenza di piccolissime goccioline di grassi e tra questi spesso gli eteri di colesterina (ASCHOFF).

Nei protozoi la digenerazione grassa fu osservata da BORGERT nei Radiolari. Questo autore ha osservato nel *Aulacantha scolymantha* la presenza, anche nell'ectoplasma, di piccole goccie del grasso, tipiche dei processi digenerativi.

Durante il digiuno nell'endoplasma del *Paramaecium caudatum* si osserva la scomparsa progressiva dei grassi neutri e l'apparizione delle piccole goccie del grasso (fig. 16). In mezzo a queste goccioline si trovano le goccie più grosse degli eteri di colesterina, in quantità superiore di quello che si osserva alimentando riccamente gli infusori. Appariscono ugualmente le piccole goccioline identiche con quelle osservate tanto nel periodo preconiugativo come nelle condizioni anossibiotiche.

Abbiamo dunque a fare coi grassi i quali non appariscono nella cellula in condizioni normali e quali anzi dispariscono completamente quando la cellula ritorna allo stato funzionale normale dopo la riorganizzazione del macronucleo. La cosi detta digenerazione senile degli infusori sarebbe dunque strettamente legata con uno stato di digenerazione grassa di cellula.

Durante la coniugazione non si osserva nessuna differenza nel comportamento dei grassi nei due individui accoppiati e la cellula presenta sempre ancora una grande quantità di piccolissime goccie di questi grassi (fig. 17).

Medesimo carattere presentano gli infusori ancora il 18 ore dopo la separazione degli individui (fig. 18).

Dopo aver svillupato una nuova cultura da una coppia, già dopo 5 giorni si puo osservare la comparsa dei grassi neutri sotto forma di goccie assai grosse e nello stesso tempo la quantità dei supposti acidi grassi diminuisce considerevolmente. Dopo 12—15 giorni dal momento di sviluppo di questa cultura si osserva già nella cellula una forte accumulazione dei grassi neutri e l'assenza quasi completa dei grassi del periodo preconiugativo. La quantità del grasso neutro deposto nella cellula aumenta ancora per un certo tempo e si mantiene allo stesso nivello ancora dopo 5 o 6 mesi, in condizioni di buona alimentazione degli infusori (fig. 11 e 12).

Da quanto abbiamo detto si vede che nella cellula degli infusori appariscono i grassi di diverso carattere: grassi neutri come materiale di riserva disposti unicamente nell'endoplasma e i grassi „digenerativi" sotto forma di piccolissime goccie disposte tanto nell'ectoplasma, quanto nell'endoplasma e quali appariscono nella cellula unicamente durante l'indebolimento delle facoltà funzionali di cellula, ossia nel periodo preconiugativo, in condizioni asfittiche e durante il digiuno di cellula. In quest'ultimo caso essi appariscono però in quantità molto minori.

La mancanza dunque dei materiali di riserva prima di coniugazione ci dimostra che il centro dei processi di assimilazione si trova in uno stato di deperimento, giacchè i fermenti necessari all'assimilazione normale hanno perduto le loro facoltà funzionali.

Nello stesso tempo si osserva la diminuizione delle facoltà ossidative di cellula e con questi la produzione delle piccolissime goccie di grassi tanto caratteristiche del periodo preconiugativo.

Avviene allora il principio di digenerazione grassa della cellula la quale dovra condurre necessariamente alla morte di cellula se non arrivi a tempo la riorganizzazione del macronucleo come l'organo centrale dei fermenti ossidativi e sintetici di cellula.

La riorganizzazione della funzionalità dei fermenti della cellula conduce alla combustione dei grassi accumulati nella cellula, arresta la scissione dei albuminoidi e porta al cosi detto ringiovanimento degli infusori. In seguito avviene l'assimilazione normale e con essa l'organismo comincia deporre i materiali di riserva.

Da quanto abbiamo detto si vede che la coniugazione del *Paramaecium caudatum* conduce alla riorganizzazione delle facoltà ossidative e sintetiche di cellula. La multiplicazione di questi infusori ne è la conseguenza. Il centro cellulare di queste facoltà degli Infusori è il macronucleo nello stesso modo come il nucleo dei metazoi è la sede dei fermenti ossidativi e sintetici di cellula (LILLIE, MAXIMOW, LOEB, UNNA, HEIDENHAIN, KORSCHELT e altri).

Le funzioni dei fermenti sintetici si svolgono unicamente in presenza dei intensi processi ossidativi. Abbiamo visto infatti, che questi processi sono ridotti al minimo prima di coniugazione e crescono notevolmente dopo. Con essi avviene l'assimilazione normale e la forte produzione dei materiali di riserva.

I risultati ottenuti in questo lavoro si possono riassumere in modo seguente:

1. I materiali di riserva degli infusori, il glicogeno ed i grassi neutri, spariscono quasi completamente dalla cellula nel periodo preconiugativo.

Questa riduzione coincide colla forte diminuizione dei processi ossidativi di cellula.

2. durante la coniugazione gli infusori utilizzano i materiali rimasti ancora nella cellula;

3. dopo la coniugazione, insieme colla riorganizzazione del macronucleo e col ristabilimento dei processi ossidativi, la cellula comincia assimilare normalmente e deporre i materiali di riserva. In questo periodo essi possono riempire tutta la cellula.

4. insieme colla riduzione della facoltà ossidative prima di coniugazione appariscono nella cellula in quantità molto grande i grassi di un carattere diverso dei grassi neutri.

Questi spariscono della cellula dopo la riorganizzazione dei processi ossidativi.

Simile grasso apparisce nella cellula ugualmente in condizioni asfittiche e durante il digiuno.

5. individui accoppiati contengono essenzialmente diverse quantità del glicogeno.

6. In condizioni asfittiche il glicogeno sparisce dalla cellula.

Questi risultati valgono probabilmente per gli altri infusori.

Sulle cause di coniugazione degli infusori si sono contraposti due punti di vista.

Secondo l'uno di questi le cause di coniugazione sarebbero unicamente di natura interna, secondo l'altro invece queste cause debbono

cercarsi nelle condizioni esterne di vita degli infusori. Il primo di questi punti di vista considera la coniugazione oppure un'altro qualsiasi modo di riorganizzazione degli infusori come una conditio sine qua non di continuità di vita di questi organismi (Maupas, Hertwig, Calkins ed altri): mancando questa riorganizzazione gli infusori entrano in uno stato di digenerazione la quale conduce l'organismo alla morte. L'altro invece ammette che la coniugazione non costituisce una condizione necessaria e che nelle condizioni ottimi di vita gli infusori possono vivere infinitamente lungo (Enriques).

Quest'ultimo punto di vista conferma dunque la vedute di Weissman sull'immortalità dei protozoi.

Dai lavori sulla coniugazione segue inoltre, che la riorganizzazione degli infusori deve prodursi ciclicamente (Maupas, Calkins Woodruff), oppure puo essere provocata artificialmente (Zweibaum).

Già nel primo lavoro mio sulla coniugazione degli infusori ho tentato di accordare queste due teorie suesposte, arrivando alla conclusione che oltre alle condizioni interne la coniugazione degli infusori è determinata anche da cause esterne, come la temperatura, certa concentrazione salina dell'ambiente ed uno brusco squilibrio della nutrizione.

Esistono dunque certe condizioni interne le quali determinano la coniugazione degli infusori.

Se noi ammettessimo anche con Enriques che la tossicità di cultura ha un'influenza fondamentale sulla coniugazione, sarebbe sempre aperta la questione in quale modo e sulla quale parte di cellula essa agisce. — In che cosa dunque consiste questa „preparazione“ degli infusori alla coniugazione?

Le ultime mie esperienze sull'influenza della coniugazione sull' assorbimento dell'O_2 del *Paramaecium* hanno mostrato che le facoltà ossidative degli infusori sono ridotte al minimo prima di coniugazione e crescono considerevolmente dopo.

In questa parte del mio lavoro ho fatto vedere che in rapporto colla riduzione delle facoltà ossidative avviene anche la forte riduzione delle facoltà sintetiche degli infusori. Abbiamo visto infatti che nel periodo preconiugativo la quantità dei materiali di riserva è ridotta al minimo e solo dopo la riorganizzazione del macronucleo insieme colla ristabilizzazione delle normali funzioni ossidative avviene l'accrescimento considerevole dei materiali di riserva. In altre parole avviene la normale assimilazione degli alimenti. In seguito la normale multiplicazione di cellula.

Il risultato dunque essenziale di riorganizzazione degli infusori dopo la coniugazione consiste nella ristabilizzazione delle funzioni sintetiche di cellula. La cosi detta digenerazione degli infusori deve consistere unicamente nella diminuita funzionalità assimilatoria di cellula.

La diminuizione delle facoltà assimilatorie è indubbiamente, l'espressione dell'indebolimento dell'azione dei fermenti cellulari.

PÜTTER nel suo lavoro sul *Suberitas massa* constata che l'intensità dell'assorbimento dell'O_2 delle spugne è inferiore nell'acqua marina vecchia da quello che si osserva nell'acqua marina fresca ed arriva alla conclusione che i prodotti del ricambio materiale dell'ambiente hanno un'influenza paralizzatrice sull'assorbimento dell'O_2.

WOODRUFF studiando l'influenza dell'ambiente sull'intensità di divisione del *Paramaecium* constata che l'ambiente più vecchio agisce male sulla divisione di cellula. L'azione prolungata di questo ambiente determina lo stato di depressione degli infusori.

Infatti, l'autore constata che negli grandi acquari i periodi di depressione avvengono più raramente. Lo stesso ha osservato il DOFLEIN per il Tripanosoma.

Sappiamo inoltre che il digiuno prolungato da 4 a 6 settimane nello stesso ambiente, come pure le condizioni asfittiche adattano gli infusori alla coniugazione.

Questo adattamento alla coniugazione ha la sua espressione nella riduzione delle facoltà ossidative e, come sappiamo d'altra parte, nella riduzione della frequenza di divisione cellulare. Anche qui, come vediamo, l'influenza dell'ambiente determina l'indebolimento di vitalità e provoca la coniugazione degli infusori.

In tutti i casi questi stimoli determinano medesime modificazioni morfologiche del macronucleo, modificazioni le quali avvengono anche nelle cosi dette condizioni normali di coniugazione.

La riduzione della frequenza di divisione cellulare indica, anche secondo il WOODRUFF all'indebolimento delle facoltà assimilatorie degli infusori.

Questo l'indebolimento della funzionalità di cellula puo essere vinto per mezzo di coniugazione o per mezzo dell'endomissi. WOODRUFF e ERDMANN arrivano alla conclusione che la digenerazione fisiologica o le depressioni di CALKINS sono i stati i quali non potevano essere vinti dalla cellula giacchè l'ambiente non era conveniente.

Da quanto abbiamo detto possiamo concludere che il cosi detto ciclo vitale degli infusori costituisce unicamente l'espressione delle

condizioni specifiche dell'ambiente e puo essere artificialmente prodotto.

I prodotti del ricambio materiale hanno effettivamente un'azione paralizzante sulla vitalità di cellula come risulta inoltre da molti lavori sugli animali superiori e inferiori fatti da VERWORN, LIPSCHÜTZ, TILLIE, HAMBURGER e molti altri.

Abbiamo visto che tutti i stimoli i quali determinano la riduzione di frequenza di divisione, l'indebolimento delle funzioni ossidative e assimilatorie degli infusori, ossia quelli che determinano la coniugazione degli infusori hanno in primo luogo un'azione sul macronucleo. L'ultima espressione morfologica di questa azione è la frammentazione e la dissoluzione del macronucleo.

Lo squilibrio nucleo-plasmatico è unicamente l'espressione morfologica dello squilibrio avvenuto nel ricambio materiale di cellula, il quale conduce alla diminuizione del volume degli infusori, alla sua digenerazione, mercè l'indebolimento delle facoltà assimilatorie e sintetiche degli infusori.

I prodotti tossici del ricambio materiale paralizzano la vitalità di cellula producendo la sua depressione o la digenerazione fisiologica le quali dovranno condurre la cellula alla morte se non avviene la riorganizzazione del centro sintetico di cellula. Il nucleo cellulare come abbiamo detto prima (p. 12) costituisce l'organo centrale delle funzioni sintetiche e ossidative di cellula.

L'indebolimento delle funzioni assimilatorie è l'espressione dell' indebolimento delle facoltà funzionali dei fermenti cellulari i quali hanno la sua sede nel macronucleo. Lo stato di depressione o la digenerazione fisiologica è nello stesso tempo quello stimolo il quale provoca i complicatissimi fenomeni nucleo-plasmatici probabilmente di natura fisico-chimica, i quali conducono alla riorganizzazione di cellula. Infatti il vecchio macronucleo subisce la frammentazione e si dissolve in mezzo del citoplasma. Dai materiali del vecchio macronucleo disciolto tira le parti essenziali il nuovo macronucleo formatosi dal micronucleo.

Basandosi sui risultati di questo lavoro possiamo ammettere che queste parti sono precisamente i fermenti, giacchè, come abbiamo visto, tanto le funzioni ossidative quanto quelle sintetiche si ristabiliscono completamente dopo la ricostruzione del macronucleo. Infatti, da quanto abbiamo citato nel principio di questo lavoro molti autori hanno scoperti i fermenti nella cellula dei protozoi. In relazione coll'indebolimento delle funzioni assimilatorie di cellula si puo osservare pure il cambiamento del chimismo di questa. In-

fatti, il Loisel cita un fatto molto interessante che *Stylonychia* nel periodo preconiugativo, pur avendo ancora molte vacuole nutritizie non puo più cambiare il rosso di Congo in bleu. Questo fatto conferma anche il Calkins per il *Paramaecium caudatum.*

Se ora, durante la vita degli infusori le ossidazioni indebolliscono, la vitalità di cellula diminuisce considerevolmente e i prodotti tossici del ricambio materiale si accumulano nelle cellula in quantità sempre maggiore. Questa intossicazione produce l'indebolimento delle funzioni dei fermenti e finalmente conduce alla scomparsa di queste funzioni; in altre parole adatta gli infusori alla coniugazione. Infatti, come abbiamo visto, nel periodo preconiugativo si osserva la riduzione al massimo delle facoltà ossidative e sintetiche di cellula.

In questo modo si spiega facilmente il perchè non cambiando il liquido culturale durante 4 o 6 settimane si ottiene gli infusori appropriati alla coniugazione. Lo stesso avviene anche nelle condizioni asfittiche.

Le funzioni dei fermenti indebolliscono fortemente o anche spariscono in condizioni sfavorevoli per loro funzionalità (Oppenheimer). Si puo però ristabilire l'attività dei fermonti eliminando i prodotti delle loro funzioni. Cosi, la digestione della fibrina per mezzo della pepsina si arresta dopo un certo tempo. Un semplice lavaggio o la filtrazione è sufficiente per ristabilire le funzioni del fermento.

Complicatissimi processi di frammentazione del macronucleo hanno per lo scopo, al mio avviso, la deliberazione dei fermenti da loro sostanze tossiche.

Dai fermenti cosi deliberati durante la dissoluzione del macronucleo profitta il nuovo macronucleo formatosi durante la coniugazione.

La coniugazione degli infusori oppure un'altro modo di riorganizzazione degli infusori avrebbe per lo scopo la regulazione delle funzioni dei fermenti, deliberando questi dalle loro sostanze tossiche.

Da quanto abbiamo detto si vede che la coniugazione degli infusori avviene nel tempo quando essi mostrano il minimo delle funzioni ossidative e del ricambio materiale.

Questa forte riduzione del ricambio materiale è l'espressione del progressivo indebolimento delle funzioni dei fermenti mercè continua l'azione dei prodotti tossici del ricambio materiale. In questo modo diventa facile a comprendere che la durata dei periodi interconiugativi dipende dall'intensità dell'azione dei prodotti tossici del ricambio materiale e finisce nel tempo quando i fermenti cellulari

perdono la loro funzionalità. In altri termini la durata del ciclo vitale degli infusori sarebbe, in certo modo, inversamente proporzionale all'a zione della tossicità dell'ambiente.

Questa durata dunque dipende della natura dell'ambiente nel quale vivono gli infusori e puo oscillare da qualche o parecchie centinaia di generazioni come si è verificato nelle esperienze del Enriques o del Maupas al qualche milla come si osserva nelle esperienze di Woodruff e potra essere anche infinitamente lunga nelle condizioni ideali dell'ambiente.

Basandosi sulla discussione qui esposta possiamo concludere che la coniugazione degli infusori è unicamente la conseguenza dei stimoli esterni, formatisi dall'azione dei prodotti tossici del ricambio materiale i quali paralizzano le funzioni dei fermenti e la cosi detta riorganizzazione degli infusori consiste nella deliberazione dei fermenti dalle loro membrane tossiche.

L'eliminazione di questi stimoli puo produrre la possibilità della multiplicazione infinita degli infusori.

L'organisms degli infusori stessi mercè la propria facoltà di riorganizzare le funzioni dei suoi fermenti diventari per consequenza immortale.

Zusammenfassung.

In diesem Teile der Arbeit studiert der Verfasser eingehend das Verhalten der Reservestoffe wie Glykogen und Fett in Verbindung mit der Conjugation. Auf Grund vieler Versuche stellt der Verfasser fest, daß in der Zeit vor der Conjugation die Menge des Glykogens in der Zelle auf ein Minimum reduziert ist. Nach der Rekonstruktion des Macronucleus, nach Herstellung der Oxydationsfunktion steigt die Menge dieses Reservestoffes in sehr bedeutender Weise und bleibt auf derselben Höhe noch 5—6 Monate nach der Conjugation. Ferner stellt der Verfasser fest, daß die Conjugation zwischen Individuen mit grundsätzlich verschiedenen Glykogenmengen stattfindet.

Was die Fette anbetrifft, so findet der Autor in der Zelle nach der Conjugation bei guter Ernährung hauptsächlich Neutralfette und sehr wenige Cholesterinester.

In der Zeit vor der Conjugation schwinden die großen Tropfen des Neutralfettes, dagegen erscheinen in großer Menge kleine Fetttröpfchen anderer Gattung, zwischen denen man wenige, aber doch mehr als normalerweise, Cholesterinester und sehr große Mengen wahrscheinlich von Fettsäuren beobachten kann. Ähnliche Fette

erscheinen in der Zelle unter asphyktischen Bedingungen und während des Hungers der Infusorien.

Nach der Conjugation und nach der Wiederkehr der Oxydationsfunktion der Zelle verschwinden die kleinen Tropfen des „Degenerationsfettes“ und es fängt die gesteigerte Produktion des Neutralfettes als Reservestoffes der Zelle an. Auf Grund der Ergebnisse des ersten und zweiten Teiles seiner Arbeit kommt der Verfasser zum Schluß, daß die Produkte des Stoffwechsels die synthetische und Oxydationstätigkeit des Macronucleus paralysieren und daß die Conjugation der Infusorien das Befreien der Fermente des Macronucleus von ihren toxischen Beimengungen und die Wiederkehr ihrer normalen Tätigkeit bezweckt.

Bibliografia.

1) ASCHOFF: Pathologische Anatomie. II. Aufl. Bd. 1 1911.
2) BACH, A.: Oxydationsprozesse in der lebenden Substanz. Handb. d. Bioch. OPPENHEIMER. Jena 1913 p. 133.
3) BARFURTH, D: Vergleichende histochemische Untersuchungen über das Glycogen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 25 1885.
4) BEIJERINCK, M. W.: Kulturversuche mit Amöben auf festem Substrat. Zentralbl. f. Bakt. Bd. 19 1896.
5) BORGERT, A.: Über Erscheinungen fettiger Degeneration bei tripyleen Radiolarien. Arch. f. Protistenk. Bd. 16 1909.
6) CALKINS, G. N.: Protozoa. New-York (Mac Millon) 1901.
7) — and CULL, S. W.: The coniugation of Paramaecium aurelia (caudatum). Arch. f. Protistenk. Bd. 10 1907.
8) CERTES, A.: Sur la glycogénése chez les Infusoires. C. R. Acad. Sci. Paris T. 90 1888.
9) DOFLEIN, F.: Das Unsterblichkeitsproblem im Tierreich. Freiburg 1913.
10) FABRE-DOMERGUE: Recherches anatomiques et physiologiques sur les Infusoires ciliés. Ann. d. Soc. nat. Zool. T. 5 1888.
11) GLÄSSNER, K.: Über Balantidienenteritis. Zentralbl. f. Bakt. Bd. 47 1908.
12) HAMBURGER, M.: Arbeitslähmung durch Stoffwechselprodukte nachgewiesen Flimmerepithel. Zeitschr. f. allg. Physiol. Bd. 11 1910.
13) HEIDENHAIN, M.: Plasma und Zelle. Abt. I—II. Jena 1907—1911.
14) HOFER, B.: Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß des Kernes auf das Protoplasma. Jenaische Zeitschr. 1889.
15) KAWAMURA, R.: Die Cholesterinesterverfettung. Jena 1911.
16) KORSCHELT: Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Zellkernes. Zool. Jahrb., Abt. f. Anat. u. Ont., Bd. 4 1889.
17) KRUKENBERG, F.: Über ein peptonisierendes Enzym im Plasmodium der Myxomyceten. Cit. dal. Biederman. WINTERSTEIN's Handbuch. Jena 1910.
18) LILLIE, R.: On the oxydative propoities of the cellnucleus. Amer. Journ. Physiol. Vol. 7 1902.

19) Loewy, A.: Der Gaswechsel der Organe, Gewebe und isolierten Zellen. Handb. d. Bioch. Oppenheimer. Jena 1913 p. 183.

20) Lipschütz, A.: Ermüdung und Erholung des Rückenmarks. Zeitschr. f. allg. Physiol. Bd. 8 1908.

21) Loeb, J.: Vorlesungen über die Dynamik der Lebenserscheinungen. Leipzig 1906.

22) Loisel, G.: Coloration de quelques Infusoires à l'état vivant. Journ. de l'Anat. et Physiol. 1898.

23) Lubarsch: Fettdegeneration und Fettinfiltration. Ergebn. d. allg. Pathol. u. path. Anat. Bd. 3 1897.

24) Maupas, E.: Sur le glycogéne chez les Infusoires ciliés. C. R. Acad. Sci. Paris T. 101 1885.

25) Maggi (cit. dal Prowazek): Einführung in die Physiologie der Einzelligen. Leipzig-Berlin 1910.

26) Meissner, M.: Beiträge zur Ernährungsphysiologie der Protozoen. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 26 1888.

27) Mouton, H. et Mesnil, F.: Sur une diastase proteolitique extraite des Infusoires ciliés. C. R. Soc. Biol. Paris T. 55 1903.

28) Nierenstein, E.: Über Fettverdauung und Fettspeicherung bei Infusorien. Zeitschr. f. allg. Physiol. Bd. 10 1909.

29) Oppenheimer, C.: Stoffwechselfermente. Braunschweig (Vieweg) 1915.

30) Pütter, A.: Die Atmung der Protozoen. Zeitschr. f. allg. Physiol. Bd. 5 1905.

31) —: Der Stoffwechsel der Kieselschwämme. Ibid. Bd. 16 1914.

32) Prowazek, S.: Einführung in die Physiologie der Einzelligen (Protozoen). Leipzig-Berlin 1910.

33) Schewiakoff, W.: Über die Natur der sog. Excretkörner der Infusorien. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 57 1894.

34) Skonimski, P. et Zweibaum, J.: Contribution à l'étude du coloration vitale des Infusoires. Nota pres. alla Soc. Sci. di Varsavia. Maggio 1919.

35) Spitzer: Die Bedeutung gewisser Nucleoproteide für die oxydative Leitung der Zelle. Pflüger's Archiv Bd. 67 1897.

36) Tillie, K.: Studien über die Erstickung und Erholung des Nerven in Flüssigkeiten. Zeitschr. f. allg. Physiol. Bd 8 1908.

37) Unna, P. G.: Die Reduktionsorte und Sauerstofforte des tierischen Gewebes. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 78 1911.

38) Verworn, M.: Die physiologische Bedeutung des Zellkernes. Pflüger's Archiv 1891.

39) —: Ermüdung, Erschöpfung und Erholung der nervösen Centra des Rückenmarks. Arch. f. Physiol. 1910, Suppl.

40) Woodruff, L. L.: The effect of excretion Product of Paramaecium on its rate of reproduction. Journ. of exper. Zool. Vol. 10 1911.

41) — and Erdmann, K.: A normal periodic reorganisation process without cell fusion in Paramaecium. Ibid. Vol. 17 1914.

42) Zweibaum, J.: Les conditions necessaires et suffisantes pour la conjugaison du Paramaecium caudatum. Arch. f. Protistenk. Bd. 26 1912.

43) —: Ricerche sperimentali sulla coniugazione degli infusori. I. Influenza della coniugazione sull' assorbimento dell' O_2 nel Paramaecium caudatum. Arch. f. Protistenk. Bd. 44.

44) —: L'effetto dell' asfissia sull' apparecchio nucleare del Paramaecium caudatum. Rend. Soc. Sc. Varsavia Ann. IX F. 2 1916.

Spiegazione delle tavole.

Tutti i disegni furono fatti per mezzo dell' oculare da disegno di Leitz. Tecnica nel testo. E. C. eteri di colesterina. Ingradimento Ca $\times$ 240. No. 6 ingrandito Ca $\times$ 800.

Tavola 16.

Fig. 1 e 2. Il glicogeno degli individui prima di coniugazione, provenienti da due diverse culture.

Fig. 3. Primi stadi dell' accopiamento. Primo tipo di coppie: due individui contengono medesime quantità del glicogeno.

Fig. 4. Primi stadi dell' accoppiamento. Secondo tipo di coppie: l'individuo destro contiene più glicogeno del sinistro.

Fig. 5. 18 ore dopo la coniugazione. Si vedono pochi granuli del glicogeno.

Fig. 6. 5 giorni dopo la coniugazione. I granuli del glicogeno cominciano apparire nell' endoplasma.

Fig. 7. 12 giorni dopo coniugazione. Nella cellula si sono già formati i grossi depositi del glicogeno.

Fig. 8. 15 giorni dopo la coniugazione. Individuo di un' altra cultura. Fissazione: formalina ed alcool assoluto.

Fig. 9 e 10. 5—6 mesi dopo coniugazione. Il glicogeno riempie quasi completamente la cellula.

Fig. 11 e 12. I grassi del Paramaecium 5—6 mesi dopo coniugazione. Fig. 12. Preparato fatto sul vetro porta-oggetti. Prima di colorazione si osserva chiaramente la doppia rifrazione delle poche goccie all' estremità anteriore del corpo. Dopo la colorazione la doppia rifrazione é scomparsa. Tutte le altre goccie sono i grassi neutri.

Tavola 17.

Fig. 13. I grassi prima di coniugazione. Si vedono pochissime goccie di grassi neutri e qualche goccia gialla degli eteri di colesterina. Preparati non tinti mostrano alla luce polarizzata molte goccie degli eteri di colesterina. Piccolissime goccie disperse in tutta cellula sono probabilmente gli acidi grassi.

Fig. 14. Individuo dopo 48 ore di soggiorno nelle condizioni asfittiche. Fissazione formalina. Colorazione Sudano III ed Ematossilina Gagé. Preparato fatto sul vetro porta-oggetti non tinto mostra numerose goccie degli eteri di colesterina. Al confine con ectoplasma si osservano pure parecchie goccie dei grassi neutri. Macronucleo vacuolizzato.

Fig. 15. Individuo morto nelle condizioni asfittiche.

Fig. 16. L'individuo in digiuno da 8 giorni. Il citoplasma vacuolizzato. Si osservano oltre a poche goccie degli eteri di colesterina unicamente piccolissime goccie identiche con quelle osservate nella fig. 14.

Fig. 17. I grassi durante i primi stadi di coniugazione. I grassi come nella fig. 13.

Fig. 18. 18 ore dopo la coniugazione. Mancano i grassi neutri.



Kleinere Mitteilungen.

Neue oder wenig bekannte Protisten. III.

Neue oder wenig bekannte Flagellaten. III.

(**A. Pascher**, Prag.)

(Hierzu 13 Textfiguren.)

Pseudomallomonas Chodat **nov. gen.**

Chodat, R.: Algues de la region du Grand St. Bernard. Bull. soc. bot. Genève (1921) p. 302, Fig. 7 auf p. 300.

Hülle mehr oder weniger starr, mit unregelmäßigen Schuppen bedeckt, vorn mit einer ziemlich breiten kurzen Mündungsröhre. Zwei (?) gelbgrüne Chromatophoren, seitlich, beiderseits tief ausgerandet. Deutliche Öltropfen. Die einzige Geißel rehr kurz, nur ein Drittel bis ein Viertel der Körperlänge messend.

Einzige bis jetzt bekannte Art:

Pseudomallomonas bernardinensis Chodat a. a. O.

Zelle 13 μ lang, 18 μ breit. (Fig. 1.)

Großer St. Bernhard: in einem Alpensumpf. Plan des Jupiter.

Eine nicht ganz sichere Gattung, da über die Schuppen und die Vakuolencysten keine Angaben vorliegen. Es gibt einen ganzen Schwarm kleiner und kleinster Mallomonaden, die nur zum Teil Schwebeborsten, fast immer mehr oder weniger geschlossene Schuppenpanzer haben. Möglicherweise gehört *Pseudomallomonas* Chodat zu

ihnen, und soweit sie borstenlos sind und eine Mündungsröhre haben, konnten diese kleinen *Mallomonas*-Arten in die Gattung *Pseudomallomonas* eingestellt werden. Bemerkt sei, daß in letzter Zeit auch Playfair aus Australien eine anscheinend völlig nadellose *Mallomonas*-Art beschrieben hat, die mit anderen

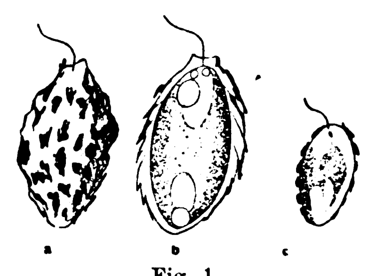


Fig. 1.

Fig. 1. *Pseudomallomonas bernardinensis* Chodat. a Hülle. b Optischer Schnitt, um die Innenorganisation zu zeigen.

Playfair'schen Beschreibungen später ebenfalls in dieser Rubrik wiedergegeben werden soll (A. P.).

Chlamydomonas bernardinensis Chodat.

Chodat, R.: Algues de la région du Grand St. Bernard. Bull. soc. bot. Genève (1921) p. 295.

Zellen eiellipsoidisch bis fast kugelig, vorn ohne Membranpapille, basal breit abgerundet. Hülle dicklich. Chromatophoren zahlreich, keilförmig gehäuft, jedes mit einem Pyrenoid, vorn eine helle Zone an der Zelle freilassend. Kern zentral und deutlich. Augenfleck vorn gelegen. Die beiden Geißeln kaum kürzer als die Zelle.

Zellen 12—15 μ lang, 12—15 μ breit. (Ohne Figur beschrieben.)

Nach R. Chodat möglicherweise verwandt mit *Chlamydomonas maculata* Playfair [1]). Vielleicht auch der *Chlamydomonas gigantea* Dill nahestehend.

Fundort wie die vorige Art.

Chlamydomonas pteromonoides Chodat.

Chodat, R.: Algues de la région du Grand St. Bernard. Bull. soc. bot. Genève (1921) p. 295. Fig. 2c, d.

Zellen breit ellipsoidisch, mit weiter, weit abstehender Hülle. Protoplast eiförmig bis verkehrt eiförmig, vorn mit einer leichten Spitze. Chromatophor vorn breit und tief ausgerandet, glockenförmig oder mehr oder weniger sternförmig ausgerandet. Pyrenoid im unteren Drittel groß. Stigma etwas vor oder in der Mitte gelegen. Zwei vordere kontraktile Vakuolen.

[1]) Wird in einem der nächsten Beiträge zu dieser Rubrik wiedergegeben.

Zellen 21—25 μ lang, 14—18 μ breit. Hülle bis 5 μ weit abstehend. (Fig. 2c, d.)

Am angegebenen Orte gefunden.

Nach CHODAT der *Chlamydomonas gloeocycloformis* DILL. nahestehend. PRINTZ hat ebenfalls eine *Chlamydomonas* mit weit abstehender Hülle beschrieben. Diese wird später in dieser Rubrik neuer Flagellaten veröffentlicht werden, dann soll auch wieder *Chlamydomonas pteromonoides* besprochen werden.

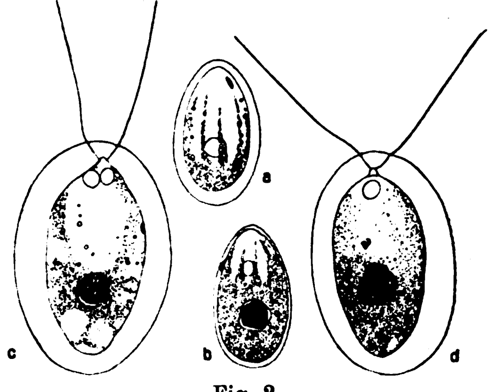


Fig. 2.

Fig. 2. a, b *Chlamydomonas polydactyla* CHODAT. c, d *Chlamydomonas pteromonoides* CHOD. (Die beiden Arten bei verschieden starker Vergrößerung.)

Chlamydomonas polydactyla CHODAT.

CHODAT, R.: Algues de la région du Grand St. Bernard. Bull. soc. bot. Genève p. 296. Fig. 2a, b.

Zellen eiförmig, mit ziemlich dicker Membran. Der Chromatophor basal, schön glockenförmig, sich nach vorn aber in eine Reihe voneinander getrennter, verschieden langen, sich nach vorn verschmälernden Streifen auflösend. Ein ziemlich basales Pyrenoid. Stigma vorn gelegen.

Zellen 14—18 μ lang, 10—11 μ breit; $1^1/_2$—$1^2/_3$ μ lang als breit. (Fig. 2a, b.)

Am gleichen Orte wie die vorhergehende Art.

Agloë cylindrica PASCHER **nov. comb.**

Chlamydomonas cylindrica CHODAT, Algues de la région du Grand St. Bernard. Bull. soc. bot. Genève p. 245. Fig. 1a—d.

Zellen cylindrisch, beiderseits kurz verschmälert und breit abgerundet. Membran zart, dicht anliegend, vorn zu einer kleinen Warze verdickt, durch die zwei Geißeln austreten, die kürzer sind als die Zelle. Chromatophor in der Form einer randständig bis knapp an die Enden der Zelle reichenden hohlen Röhre, die annähernd in der Körpermitte eine dicke Querlamelle hat, so daß der Chromatophor im optischen Längsschnitt die Form eines **H** hat.

Das Pyrenoid liegt in der dicken Querwand des Chromatophoren, der Kern in der unteren Aushöhlung des Chromatophoren. Stigma in der vorderen Hälfte, oder etwas gegen die Basis gerückt. Pulsierende Vakuolen vorn. Vermehrung durch Längsteilung (2, 4).

Länge 17—29 μ, Breite 6—7 μ. 3—4 mal so lang als breit. (Fig. 3.)

In ungefähr 2400 m Höhe in der Nähe des Alpengartens „Linnaea“.

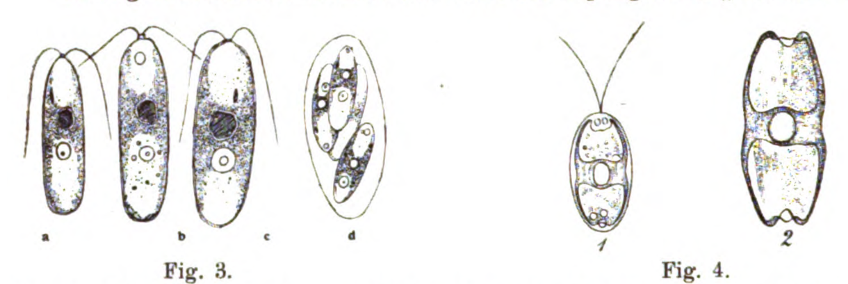


Fig. 3. Fig. 4.

Fig. 3. *Agloë cylindrica* Pascher (*Chlamydomonas cylindrica* Chodat). 1125 ×.
Fig. 4. *Agloë biciliata* Pascher zum Vergleich mit *Agloë cylindrica* (aus *Hedwigia* 1907).

Wegen des merkwürdigen im optischen Längsschnitt **H**-förmigen Chromatophors gehört diese Chlamydomonadine zu der 1907 aufgestellten Gattung *Agloë* Pascher, deren einzige bis jetzt bekannte Art *Agloë biciliata* (Fig. 4) sich dadurch von der *Agloë cylindrica* scheidet, daß sie mehr ellipsoidisch ist, kein Stigma und keine vordere Membranpapille hat und bei ihr außerdem der Kern nicht in der unteren Aushöhlung der Chromatophoren, sondern in der vorderen, etwas seitlich liegt. Ebenso finden sich bei *Agloë biciliata* nicht nur vorn, sondern auch am Hinterende des Protoplasten 2—3 pulsierende Vakuolen. Chodat gibt an, daß *Chlamydomonas elegans* West (vgl. diese Übersicht der neuen Flagellaten Nr. I S. 120) mit dieser neuen Art verwandt sei; die West'sche Art hat aber einen einfachen ausgesprochen seitlichen mühlenförmigen Chromatophoren. Die Playfair'sche *Chlamydomonas lismorensis*, die nach Chodat ebenfalls keiner neuen Monade nahestehen soll, sah ich noch nicht. (A. P.)

Chlorogonium bernardinense Chodat.

Chodat, R.: Algues du region du Grand St. Bernard. Bull. soc. bot. Genève 1921 p. 296, ohne Abbildung.

Zellen spindelförmig, beiderseits zugespitzt; Membran zart, hyalin. Chromatophor in der Form einer dünnen Platte, mehr oder weniger gerollt, in der Mitte mit einem seitlichen Ausschnitt, in dem der Kern liegt, der kaum schmäler als die Zelle ist. Zwei

große Pyrenoide. Augenfleck strichförmig im vorderen Viertel. Kontraktile Vakuolen mehrere zerstreut, öfters zwei in der Nähe des Stigma deutlicher. Der vordere Pol stumpflich mit zwei seitlichen Punkten, aus denen die Geißeln austreten. Vier- bis Achtteilung beobachtet.

Länge 33—40 μ, Breite 4—9 μ. (Ohne Figur beschrieben.)

In der Nähe des Alpengartens Linnaea am Großen St. Bernhard in Quellmooren.

Diesem neuen *Chlorogonium bernardinense* sieht nach CHODAT das *Chlorogonium minimum* PLAYFAIR ähnlich, doch ist dieses viel kleiner und hat keine Pyrenoide.

Lobomonas bernardinensis CHODAT.

CHODAT, R.: Algues de la région du Grand St. Bernard. Bull. soc. bot. Genève (1921) p. 297. Fig. 2.

Zellen breit und abgerundet eiförmig, im beweglichen Zustande mehr oder wenig vorn abgeflacht. Hülle hyalin, wellig warzig. Chromatophor glockig, blaß fein, basal mit einem großen Pyrenoid. Stigma elliptisch im vorderen Viertel. Geißeln körperlang. Kontraktile Vakuolen mehrere, über die Zelle unregelmäßig verteilt. Die Monade kommt bald zur Ruhe und die unbeweglichen Stadien sehen der *Trochiscia verrucosa* ähnlich.

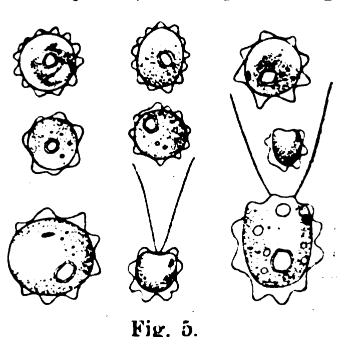


Fig. 5.
Lobomonas bernardinensis CHODAT.

Bewegliche Zellen: 3—10 μ lang, 2,5—10 μ breit, ein wenig länger als breit. (Fig. 5.)

Plan des Jupiter, Großer St. Bernhard.

Trachelomonas bernardinensis VISCHER.

VISCHER in CHODAT: Le Jardin alpin et le laboratoire de biologie alpine de la Linnaea à Bourg-Saint-Pierre (Valois). Bull. soc. bot. Genève II. série VII (1915) p. 10. Fig. 3 auf p. 9.

Schale ellipsoidisch, vorn mit einem leicht trichterigen glatten, oben gerade abgestülpten, vorn manchmal leicht gekerbtem hyalinen Mündungsfortsatze, basal leicht gebuckelt oder mit einem deutlichen oft scharfen Spitzchen versehen. Schale braun mit unregelmäßigen linsenförmigen Auflagerungen versehen, die in ihren Zwischenräumen kleine rinnenförmige, unregelmäßig untereinander im Zusammenhang stehende Vertiefungen bilden.

Länge 40 μ, Breite 22 μ. Mündungsröhre 7—8 μ breit, 2—3 μ lang. (Fig. 6.)

Schweiz, Wallis. Großer St. Bernhard: Bec-rond, Entre deux Tours.

Nach W. VISCHER mit der *Trachelomonas caudata* (EHRBG.) STEIN verwandt, aber durch die andere Schalenskulptur, die kurze Mündungsröhre und das kürzere basale Spitzchen verschieden.

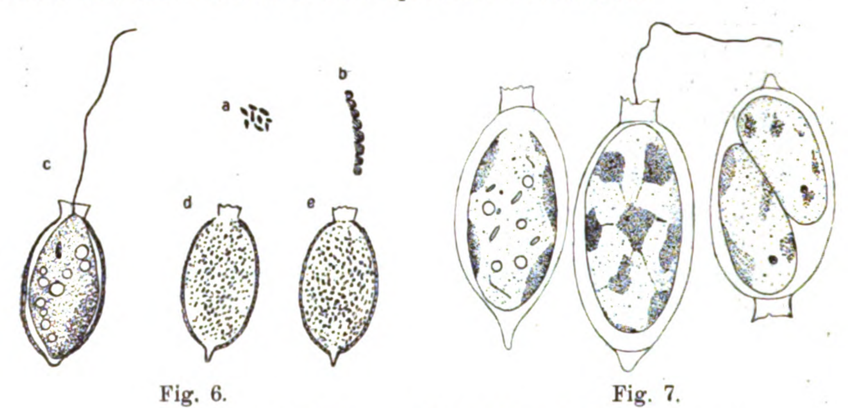


Fig. 6. Fig. 7.

Fig. 6. *Trachelomonas bernardinensis* VISCHER.
Fig. 7. *Trachelomonas bernardinensis* VISCHER var. *granulosa* CHODAT.

var. *granulosa* CHODAT, *Bull. soc. bot. Genève* (1921) p. 302 (Fig. 8), besitzt eine ausgesprochen ellipsoidische Schale mit kurzcylindrischer gerader, gerade abgestutzter am Rande gezackter Mündungsröhre; Basis der Schale in eine kurze Spitze zusammengezogen; Schale selbst feinkörnig, weder glatt noch stachelig. Zahlreiche unregelmäßig vielseitige Chromatophoren; Stigma deutlich; kleine Öltröpfchen.

Länge (ohne Spitzchen und Mündungsröhre) 30—35 μ, Breite 17—18 μ. Mündungsröhre 4 μ lang, 4—5 μ breit. (Fig. 7.)

Plan des Jupiter in der Nähe des Alpengartens Linnaea am Großen St. Bernhard.

Trachelomonas margaritifera CONRAD.

CONRAD, W.: Revis. des espèc. indigèn. et franç. du genre Trachelomonas. Ann. biol. lac. VIII (1916) 203.

Schale braun, eiförmig, basal in ein kurzes gerades Spitzchen zusammengezogen, vorn mit einer kurzen, cylindrischen, glatten, gerade abgeschnittenen Mündungsröhre. Die Schale mit Ausnahme der Mündungsröhre mit halbkugeligen, relativ großen Warzen ver-

sehen. Chromatophoren zahlreich; Stigma sehr groß. Geißel 3mal körperlang.

Länge des Gehäuses 20—38 μ, Breite 20—25 μ. Länge der Mündungsröhre 2 μ. (Fig. 8a.)

Lüttich: Coguaifange (J. Massart), Limburg: Genek (G. Poma).

Trachelomonas cribrum Conrad.

Conrad, W. a. a. O. p. 203.

Schale eiförmig, basal breit abgerundet, vorn mit einer deutlich abgesetzten, gerade abgestuften, glatten, kegelförmigen Mündungsröhre, zwischen Röhre und Gehäuse eine leichte ringförmige Anschwellung. Schale mit zahlreichen, sehr deutlichen Poren. Protoplast walzlich, wenig metabolisch; Chromatophoren zahlreich, klein scheibchenförmig. Geißel 2mal körperlang.

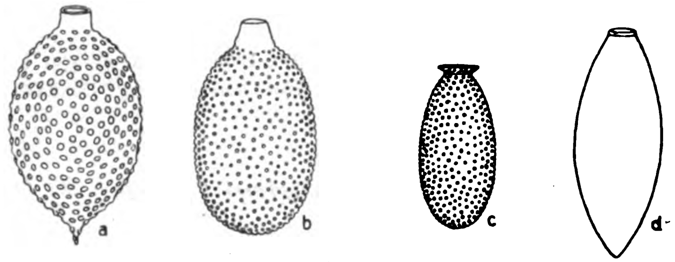


Fig. 8.
a *Trachelomonas margaritifera* Conrad. b *Trachelomonas cribrum* Conrad. c *Trachelomonas amphora* Conrad. d *Trachelomonas amphora* var. *fusiformis* Conrad.

Länge 30 μ, Breite 20 μ. (Fig. 8b.)

Brabant: bei Rouge Cloître, sehr zahlreich in einem Graben unter abgestorbenen Blättern.

Trachelomonas amphora Conrad.

Conrad, W. a. a. O. p. 203.

Schale gestreckt eiförmig, basal abgerundet, vorn mit einem scharf abgesetzten, kurzen, stark trichterig verbreiterten, gerade abgestutzten Mündungstrichter. Schale mit großen mehr oder weniger reihenförmig angeordneten Perlen besetzt.

Länge 35 μ, Breite 18 μ. (Fig. 8c.)

Brabant: Rouge Cloître; nur leere Schale beobachtet. Die Varietät *fusiformis* Conrad ist länger, mehr spindelförmig, basal

spitz und ohne Mündungstrichter, statt welches nur ein Ring entwickelt ist. Länge 40 μ, Breite 15 μ.

Am selben Ort wie die typische Form. (Fig. 8 d.)

Trachelomonas Kufferathi Conrad.

Conrad, W. a. a. O. p. 209.

Gehäuse gelbbraun, eiförmig, viel breiter als lang, mit einer schief abgestutzten Mündungsröhre, zu der sich der Vorderteil des quer-ellipsoidischen Gehäuses rasch zusammengezogen hat, ebenso wie ebenfalls die basale Spitze durch eine rasche Zusammenziehung gebildet wird. Das Gehäuse ist mit 20—30 derben, kurzen, spitzen Stacheln besetzt. Stigma klein, Geißel 3—4 mal so lang wie die Breite des Gehäuses.

Länge 22—25 μ (ohne Mündungsröhre), Breite 40—44 μ. (Fig. 9 a.)

Antwerpen: Bornhem, Vieil Escaut.

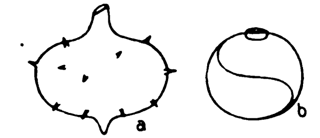


Fig. 9. a *Trachelomonas Kufferathi* Conrad.
b *Trachelomonas Torleyi* Conrad.

Trachelomonas Torleyi Conrad.

Conrad, W. a. a. O. p. 209.

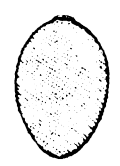
Schale dunkelbraun, eiförmig, ein wenig breiter als lang, ohne Mündungsröhre, mit kurzem Mündungsring, ohne jede Skulptur mit Ausnahme einer Linie, die von der Mündung ausgehend in einem Schraubengang des Gehäuses bis zur Basis umzieht, wo ein kleiner Knopf gebildet wird.

Länge 20—23 μ, Breite 22—26 μ. (Fig. 9 b.)

Brabant: bei Rouge Cloître, in einem Graben mit abgestorbenen Blättern.

Trachelomonas ovoides Conrad.

Conrad, W. a. a. O. p. 211.



Schale braun, verkehrt eiförmig, beiderseits breit abgerundet, mit einfacher Mündung, dicht bedeckt mit engen Reihen kleiner Perlen, die rechtsschraubig die Schale umziehen.

Fig. 10. *Trachelomonas ovoides* Conrad.

Länge 18—20 μ, Breite 12—14 μ. (Fig. 10.)

Belgien, ohne Angabe des Ortes (J. Massart).

Trachelomonas elegans CONRAD.

CONRAD, W.: Revis. d. espèc. indigèn et franç. du genre Trachelomonas. Annal. Biol. lac. VIII (1916) p. 10.

Schale kugelig oder fast kugelig, braunschwarz, ziemlich dünn, mit einfacher glatter Mündung und dicht besetzt mit sehr kurzen feinen, spitzen, radiär abstehenden Borsten. Geißel viel länger als die Zelle.

Fig. 11. *Trachelomonas elegans* CONRAD.

Länge 9—10 μ, Breite 8—9,5 μ. (Fig. 11.)

Prov. Lüttich: Cogneifange (MASSART)

Trachelomonas umbilicophora CONRAD.

CONRAD, W. a. a. O. wie die vorhergehende Art p. 10.

Schale kugelig, mit einer leicht kegelförmigen, gerade abgestutzten Mündungsröhre, Schale glatt mit 4—10 kleinen Warzen, die in der Mitte eingedrückt sind, oder besser gesagt mit 4—10 kleinen Ringen besetzt. Chromatophoren 4—8 mit Doppelpyrenoiden. Geißel 2—3 mal gehäuselang.

Fig. 12. *Trachelomonas umbilicophora* CONRAD.

Durchmesser der Zelle 25 μ. (Fig. 12).

Brabant: Rouge Cloître, in Gräben zwischen toten untergetauchten Blättern, vereinzelt.

Bernardinella CHODAT nov. gen.

CHODAT, R.: Algues de la region du Grand St. Bernard. Bull. soc. bot. Genève (1921), p. 300.

Derzeit nur unbewegliche Stadien bekannt. Diese mit derber, rotbrauner Membran, gerade oder leicht gekrümmt, spindelförmig, äquatorial mit einer völlig umlaufenden, deutlich vorspringenden, scharfen Kante versehen, von der nur ziemlich regelmäßig verteilt 5—6 vorspringende, gerade oder leicht gekrümmte Kanten gegen die Spitze verlaufen und sich vor ihr verlieren, die manchmal leicht gekrümmt ist. Die Form der durch die Äquatorialkante geschiedenen beiden Zellhälften deutlich glockenförmig. Zellinhalt (im beobachteten Material, vielleicht leicht kontrahiert) kugelig, den Zellraum bei weitem nicht ausfüllend — in weiteren Einzelheiten noch unbekannt — da es CHODAT nicht gelang, diesen Organismus wiederzufinden.

Einzige Art:

Bernardinella bipyramidata Chodat **nov. spec.**

Länge der Zellen 22 μ, Breite 12 μ. (Fig. 13.)

Aus den braunen Massen, welche die Quellmoore am Plan de Jupiter am Großen St. Bernhard begleiten.

Möglicherweise eine halbzelluläre Chrysomonade oder Heterochloridale. Vielleicht aber eine einzellige Heterokonte (Heterococcale) oder Chlorophycee (Protococcale). Ein in der Zellform ganz ähnlicher Organismus wurde bereits als *Desmatractum* von G. S. West beschrieben, die wahrscheinlich auch eine Heterokonte ist (vgl. Süßwasserflora Bd. V p. 141, Fig. 150).

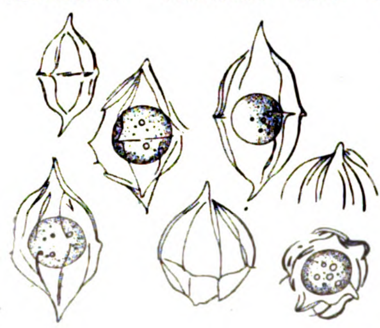


Fig. 13. *Bernardinella bipyramidata* Chod. zum Teil von der Seite, zum Teil von oben.

Verzeichnis

der in Bd. XLIV aufgenommenen neuen oder wenig bekannten Protisten I—III (Flagellaten I—III).

Besprechungen.

Boresch, Karl: Die wasserlöslichen Farbstoffe der Schizophyceen. Biochem. Zeitschr. Bd. 119 (1921) p. 167—214.

Die Arbeiten des Verf. über die komplementäre chromatische Adaptation von Schizophyceen, deren Resultate in dieser Zeitschrift Bd. 44, 1921, p. 1 veröffentlicht wurden, verlangten eine eingehende Untersuchung der noch unzureichend bekannten wasserlöslichen Farbstoffe der Spaltalgen, welche in erster Linie an der Farbenanpassung einzelner Vertreter dieser Algenklasse an Licht verschiedener Wellenlänge beteiligt sind. Ähnliche wasserlösliche Pigmente eiweißartiger Natur treten auch in Rotalgen auf, für welche Kylin eine ausgedehnte Untersuchung mit dem Ergebnis geliefert hat, daß verschiedene „Phykochromoproteide", wie Kylin diese Algenfarbstoffe nennt, in Rhodophyceen vorkommen, welche sich durch ihre Farbe und Fluoreszenz, somit auch durch ihre Absorptionsspektra voneinander unterscheiden. Er beschrieb folgende Phykochromoproteide aus Rotalgen, deren Eigenschaften in folgender Tabelle zusammengestellt sind.

Name	Farbe	Fluoreszenz	Absorption
Blaugrünes Phykocyan	blau (grünstichig)	dunkelkarminrot	1 Band zwischen den Frauenhofer'schen Linien C und D mit dem Max. λ 624—618.
Blauviolettes Phykocyan	Mit steig. Konz. hellindigblau, blauviolett, violett, rotviolett	dunkelkarminrot	2 Bänder, I zwischen C und D mit dem Max. λ 618—613, II zwischen D und E mit dem Maximum λ 553—549.
Phykoerythrin I (Florideenrot)	rot (violettstichig), in hoher Konzentration karminrot (orangestichig)	orangegelb	3 Bänder, I und II zwischen D und E mit den Maximis λ 569—565 u. λ 541—537, III zwischen E und F mit dem Maximum λ 498—492.
„ II	„	fast oder ganz fehlend	„

Neben Phykoerythrin findet sich in nicht wenigen Formen der Rhodophyceen blaugrünes oder blauviolettes Phykocyan, ja in einigen Arten scheint ausschließlich Phykocyan zugegen zu sein. Die wechselnden Mengenverhältnisse an roten und blauen Farbstoffen bestimmen in hohem Grade die natürliche Färbung der Rotalgen.

Verf. unterwarf demgegenüber eine größere Zahl von Schizophyceen der Prüfung auf die in ihnen enthaltenen Phykochromoproteide. Er verwendete hierfür ausschließlich sehr reines Material, in der überwiegenden Mehrzahl artreine Kulturen verschiedener, meist aus der Prager Umgebung eingebrachter Spaltalgen. Die Artreinheit ist für die Sicherstellung der sehr charakteristischen Absorptionsspektra ihrer wäßrigen Farbstoffauszüge ein unbedingtes Erfordernis, denn durch Beimengung anderer Arten können leicht Irrtümer in dieser Richtung unterlaufen, wofür sich in der bisherigen Literatur unschwer verschiedene Beispiele aufzeigen lassen. Weiter ist es notwendig, die zur Ermittlung des Absorptionsvermögens wäßriger Farbstoffextrakte bisher fast ausschließlich herangezogenen, subjektiven und daher unsicheren Methoden (Spektroskope) durch möglichst objektive Meßmethoden zu ersetzen. Diesem Ziele werden die auf Grund der Bestimmung der relativen Extinktionskoeffizienten mit dem Spektralphotometer von KÖNIG-MARTENS ermittelten Absorptionskurven gerecht; das Instrument bietet gleichzeitig den Vorteil, daß für die Messung nur sehr geringe Farbstoffmengen erforderlich sind.

Die Resultate des Verf. zeigen, daß hinsichtlich der wasserlöslichen Farbstoffe der Spaltalgen ganz ähnliche Verhältnisse vorherrschen wie bei den Rotalgen und daß die Verhältnisse einfacher liegen, als man nach den bisherigen Angaben über das Vorkommen verschiedener Phykocyanmodifikationen in Schizophyceen hätte vermuten können. In 22 untersuchten Arten fanden sich lediglich zwei Phykochromoproteide: Blaugrünes Phykocyan, dasselbe, welches KYLIN in verschiedenen Rhodophyceen aufgefunden hat (siehe die obige Tabelle), und ein neuer roter Farbstoff mit orangegelber Fluoreszenz, welcher zufolge dieser Eigenschaften den Phykoerythrinen zugezogen werden muß, von den bisher bekannt gewordenen sich aber in seinem Absorptionsspektrum durch die Existenz eines einzigen im Grün zwischen D und E gelegenen Bandes mit dem Maximum der Extinktion nahe λ 550 unterscheidet; Verf. nennt ihn wegen seines bisher ausschließlich in Spaltalgen festgestellten Vorkommens „Schizophyceenphykoerythrin“ oder „Spaltalgenrot“. Andere Farbstoffe als diese beiden wurden in den untersuchten Arten nicht aufgefunden, womit natürlich die Entdeckung anderer Phykochromoproteide in Spaltalgen in Hinkunft nicht ausgeschlossen wird; die in der bisherigen Literatur dieses Gegenstandes vorhandenen Beschreibungen wasserlöslicher Schizophyceenpigmente aber lassen sich teils in Einklang mit den Befunden des Verf. bringen, teils haben sie nicht jenen Grad der Verläßlichkeit, welcher für die Sicherstellung weiterer Phykochromoproteide in dieser Algenklasse gefordert werden muß.

Ein Teil der untersuchten Algen enthält lediglich das blaugrüne Phykocyan, es handelt sich dabei durchwegs um typisch blaugrüne (spangrüne) Formen. Wäßrige Auszüge aus solchen Algen zeigen daher ein Absorptionsspektrum, welches nur 1 Band im Rot zwischen C und D mit

dem Maximum zwischen λ 625—615 erkennen läßt. In diese I. Gruppe gehören folgende Spaltalgen: *Phormidium laminosum* GOM. var. *aeruginea*, *Ph. Corium* GOM., *Ph. autumnale* (AG.) SCHMIDT var. *aeruginea*, *Oscillatoria tenuis* AG., *O. formosa* BORY, *Anabaena* spec. Die Bestimmung der Algen hat N. WILLE durchgeführt, die hier und im folgenden genannten Varietäten hat Verf. für jene Schizophyceen aufgestellt, welche WILLE mit gleicher Artbezeichnung belegt hat, die aber vom Verf. auf Grund zum Teil jahrelanger Beobachtung in Kultur infolge ihrer differenten Lagerfärbung als verschiedene Formen oder Rassen angesehen wurden.

Die II. Gruppe von Schizophyceen umfaßt jene Arten, in welchen dem blaugrünen Phykocyan das neue Phykoerythrin beigesellt ist. Die wäßrigen Extrakte dieser Algen ergeben zweigipfelige Absorptionskurven, also 2 Bänder im Absorptionsspektrum, von denen das erste seiner Lage nach dem Phykocyan, das zweite dem Phykoerythrin entspricht; den Beweis hierfür erbrachte die gelungene Trennung der beiden Komponenten durch Kapillaranalyse dank ihrer verschieden starken Adsorbierbarkeit an Filtrierpapier; auch lassen sich ganz ähnliche zweigipfelige Kurven durch Kombination der den beiden Komponenten zukommenden Absorptionskurven konstruieren. Die beiden Kurvengipfel liegen jedoch für die einzelnen Arten verschieden hoch, weil das Mengenverhältnis der beiden Farbstoffe mit der Spezies wechselt, selbst innerhalb ein und derselben Art ergeben sich Schwankungen dieses Verhältnisses, dessen Brauchbarkeit als Artmerkmal künftige Untersuchungen erweisen sollen. Die in diese Gruppe gehörigen Spaltalgen lassen sich mit steigendem Phykoerythringehalt in folgende Reihe anordnen: *Phormidium Retzii* (AG.) GOM. var. *aeruginea*, *Oscillatoria Okeni* (AG., *O. limosa* AG., *Phormidium favosum* (BORY) GOM., *Oscillatoria amoena* KG.) GOM., *Phormidium Retzii* (AG.) GOM. var. *nigro-violacea* WILLE n. v., *Lyngbya aerugineo-caerulea* (KG.) GOM., *Microchaete calotrichoides* HANSG. (?), *Phormidium subfuscum* KG., *Ph. laminosum* GOM. var. *olivaceo-fusca*, *Ph. autumnale* (AG.) SCHMIDT var. *olivacea*. Mit steigendem Phykoerythringehalt geht die Farbe der Extrakte von Blau über Indigblau und Blauviolett nach Violett über, die Fluoreszenzfarbe von Karminrot über Venetianischrot nach Rotbraun, und auch die Lagerfärbung dieser Algen nähert sich von Blaugrün immer mehr dem Olive, je mehr Spaltalgenrot beigemischt ist; denn wie bei den Rotalgen bestimmen auch bei den Schizophyceen die Phykochromoproteide in hohem die natürliche Färbung dieser Algen.

In die III. Gruppe endlich stellt Verf. jene Arten, welche neben Phykoerythrin nur wenig oder kein Phykocyan führen. Das Absorptionsspektrum der wäßrigen Auszüge dieser Algen zeigt entweder nur das Band des Spaltalgenrots oder daneben noch ein zweites, jedoch viel schwächeres Maximum zwischen C und D, welches einem allfälligen Phykocyangehalt entspricht. Gemäß der hohen Phykoerythrinkonzentration in ihnen geht die Lagerfärbung dieser Algen noch über das in der II. Gruppe erreichte Oliv hinaus, indem sich sepiabraune und braunviolette Töne einstellen, und die Farbe und Fluoreszenz ihrer wäßrigen Auszüge stimmt fast oder ganz mit der reiner Phykoerythrinlösungen überein. Zur III. Gruppe werden folgende Arten gestellt: *Nostoc* spec., *Phormidium luridum* (KG.) GOM. var. *fusca* und var. *violacea*, *Microchaete tenera* THUR. (?).

Endlich enthält auch *Porphyridium cruentum* typisches Spaltalgenrot, ein Umstand, der die systematische Stellung dieser Alge in der Klasse der Schizophyceen kräftigt. Autoreferat.

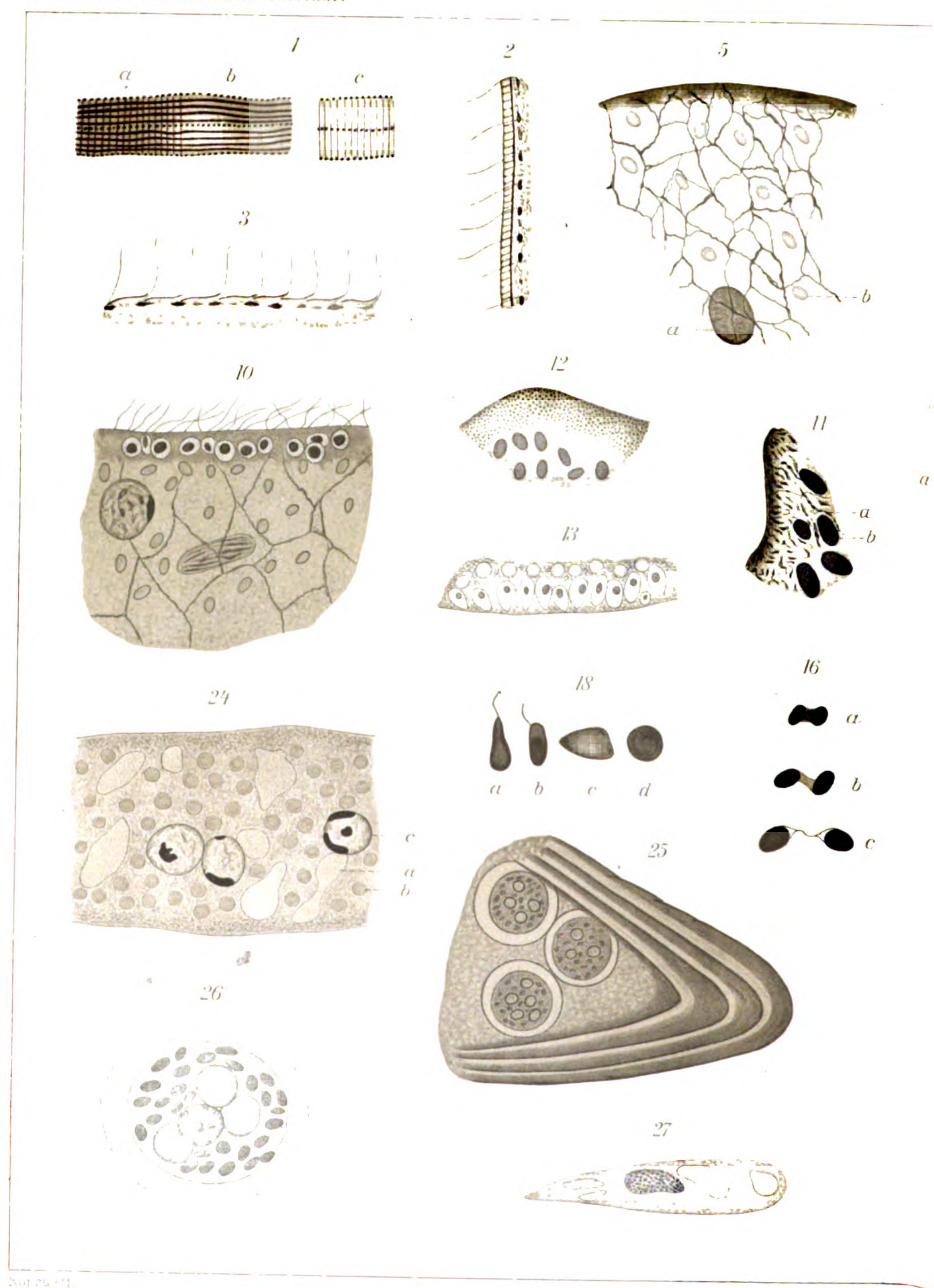
Gicklhorn, Josef: Über den Blauglanz zweier neuer Oscillarien. Österreich. Bot. Zeitschr. 1921 p. 1.

Der Verf. beschreibt zwei neue saprophytische Oscillarien, *Oscillaria glaucescens* und *Oscillaria minima*, die durch aufallenden Blauglanz bemerkenswert sind. Wird ein Präparat davon gegen einen dunklen Hintergrund gehalten, so tritt bei einer bestimmten Neigung des Präparates dieser auffallende Glanz auf. Der Kontrast zwischen den aufleuchtenden Fäden und dem Hintergrund ist so groß, daß die einzelnen Fäden, ja auch kurze Hormogonienstücke sichtbar werden. Ganze Kulturen in planparallelen Küvetten, in denen die Fäden mit einer Nadel mehr oder weniger in einer Richtung gestrichen werden, zeigen im auffallenden Sonnenlichte diese Erscheinung noch viel stärker. Auch unter dem Mikroskop ist das Aufglänzen bei abgeblendetem Spiegel und bei schräg geneigtem Präparat zu sehen. Nach allen Überlegungen und den Bedingungen des Aufglänzens dieser Fäden scheint es sich fast sicher um eine Kombination der Wirkung der Membranstruktur, die in einer Interferenz des zerlegten Lichtes nach Art der Entstehung von Farben durch Gitterwirkung, und der Wirksamkeit des Protoplasten als trübes Medium, zu handeln. Die mächtige Schleimabsonderung dieser beiden Oscillarien gestattete auch das durch FECHNER studierte spiralige Gleiten der Körnchen an der Schleimhülle zu sehen. Beim Zerbrechen der Fäden schied die jeweilige Endzelle eine mächtige Gallertkappe aus, die die Reste der anhängenden Fadenfragmente abstreifte. Die Schleimbildung erfolgt sowohl von den Fadenzellen wie auch von den Endzellen überraschend schnell. Nach GICKLHORN's Beobachtungen ist jede beliebige Fadenzelle der selbständigen Schleimbildung und Bewegung fähig, andererseits scheint aber auch die Endzelle mit ihrer mächtigen Schleimkappe bei der Bewegung eine besondere Rolle zu spielen. Dann ergäbe sich auch, daß vielleicht sowohl die FECHNER'sche wie auch die SCHMIDT'sche Theorie der Oscillarienbewegung zutreffe, um so mehr, als bei Zusatz von Jodkali, Glycerin, Zuckerlösung ein kräftiges Aufrollen der Fäden stattfand, die eine ungleiche Spannung des Fadens wie auch Kontraktion der einzelnen Zellen andeutet.

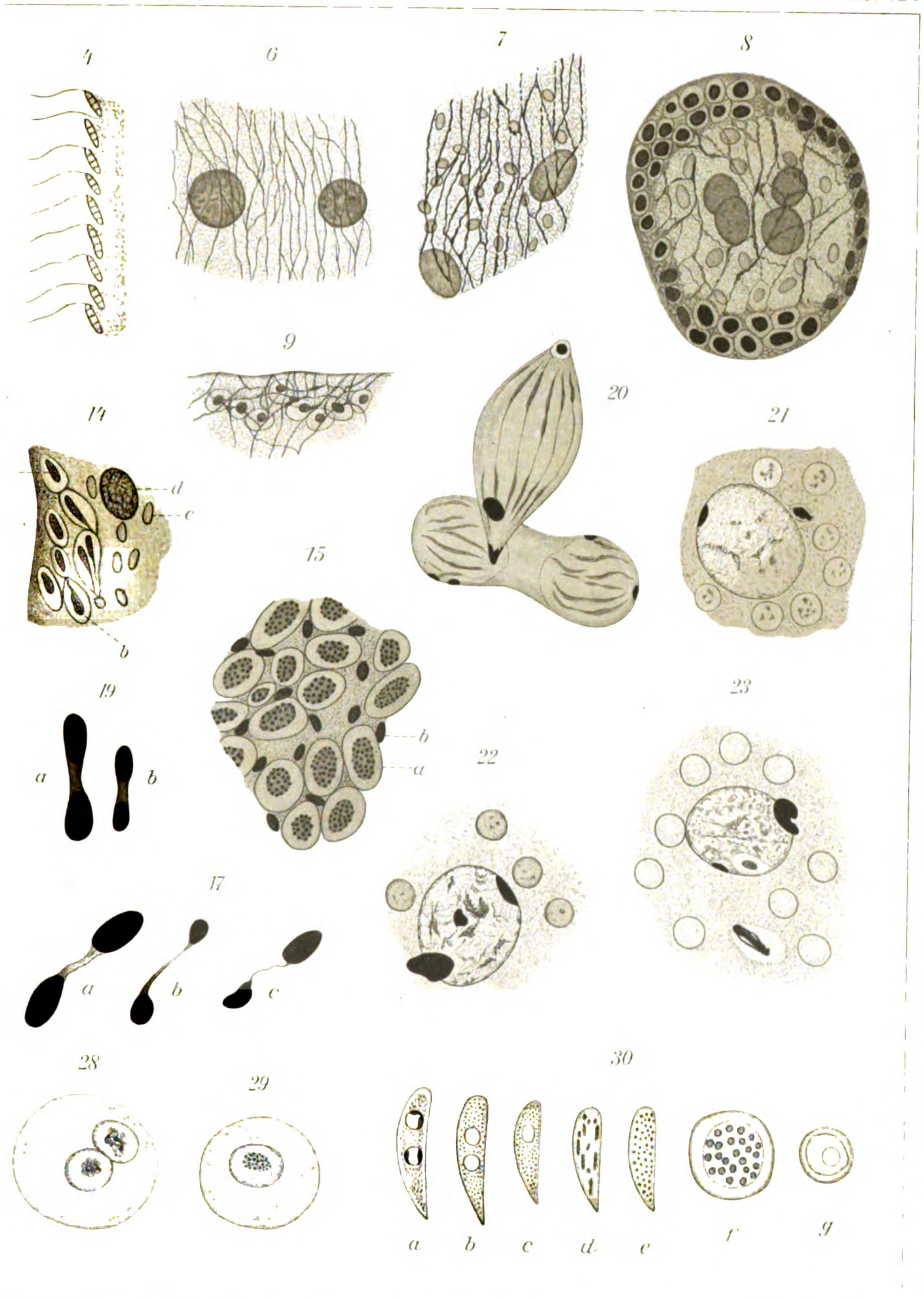
Auffallend war die große Resistenz beider Oscillarien gegen H_2S sowohl im natürlichen Vorkommen an Tierleichen, wie auch in der Kultur. Im gesättigten H_2S-Wasser lebten Oscillariabüschel bis 10 Tage.

A. PASCHER.

G. Pätz'sche Buchdr. Lippert & Co. G. m. b H., Naumburg a. d. S.



Verlag von Gustav Fisch

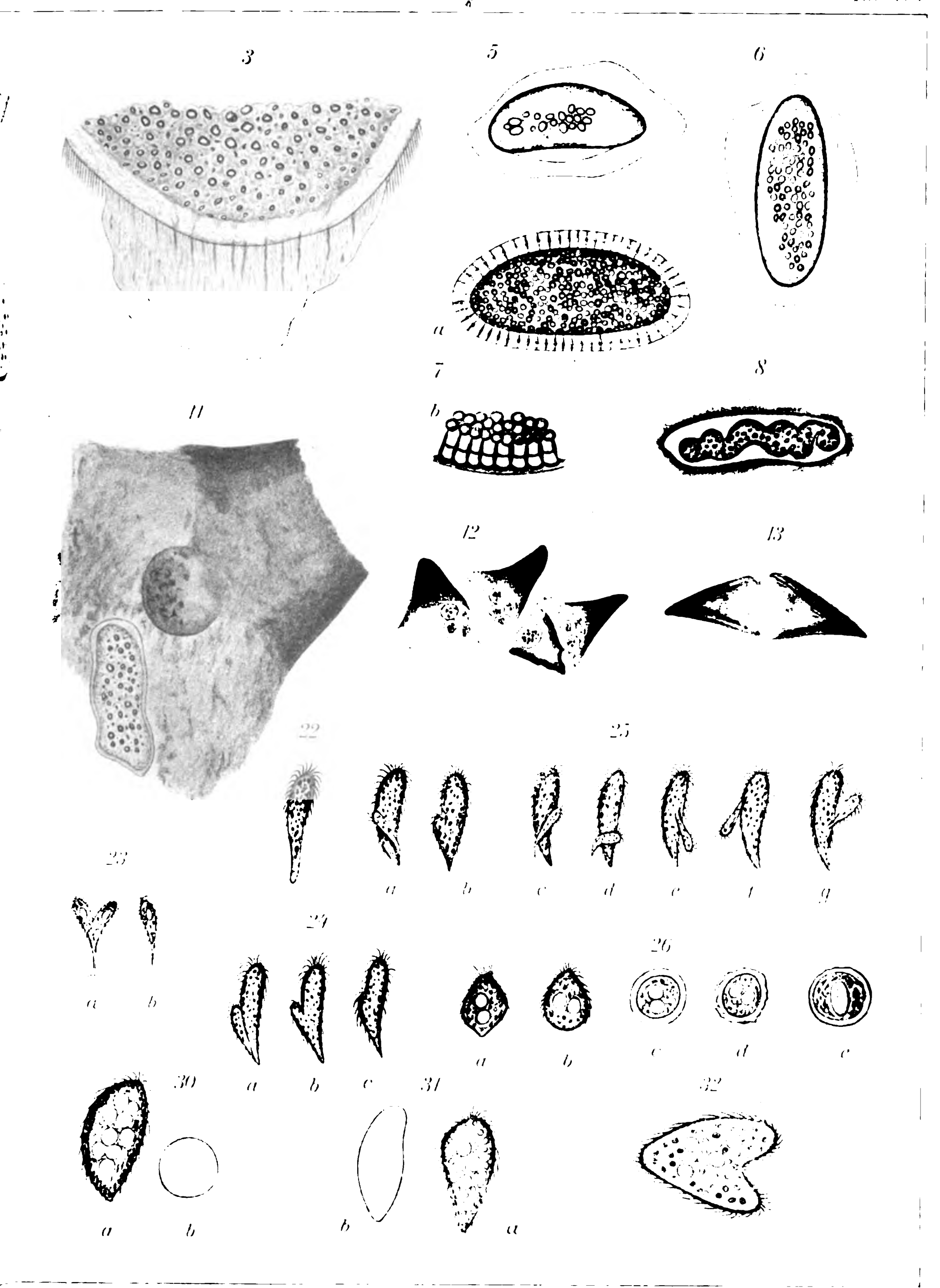


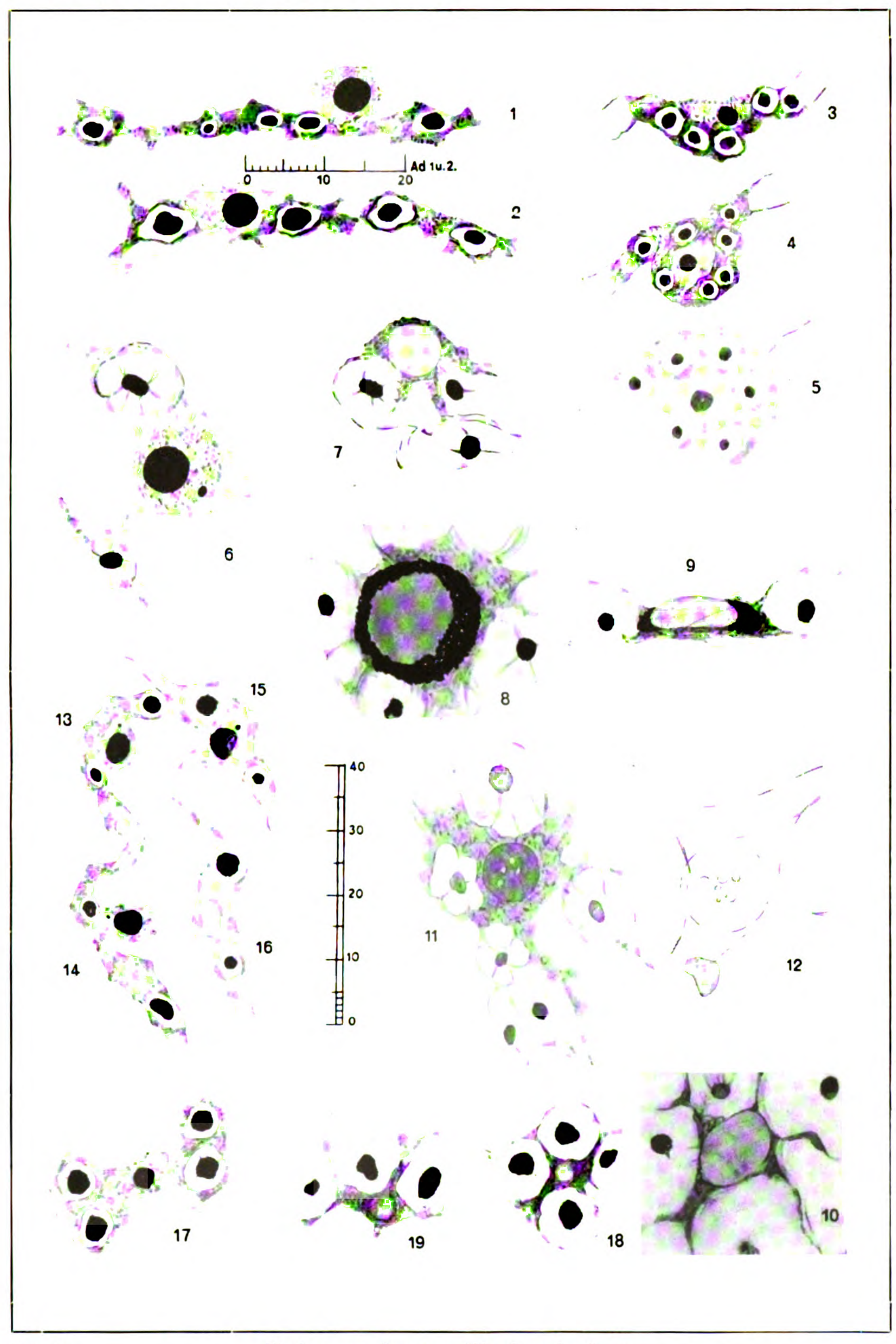
r in Jena

P. Weise Lith. Jena.



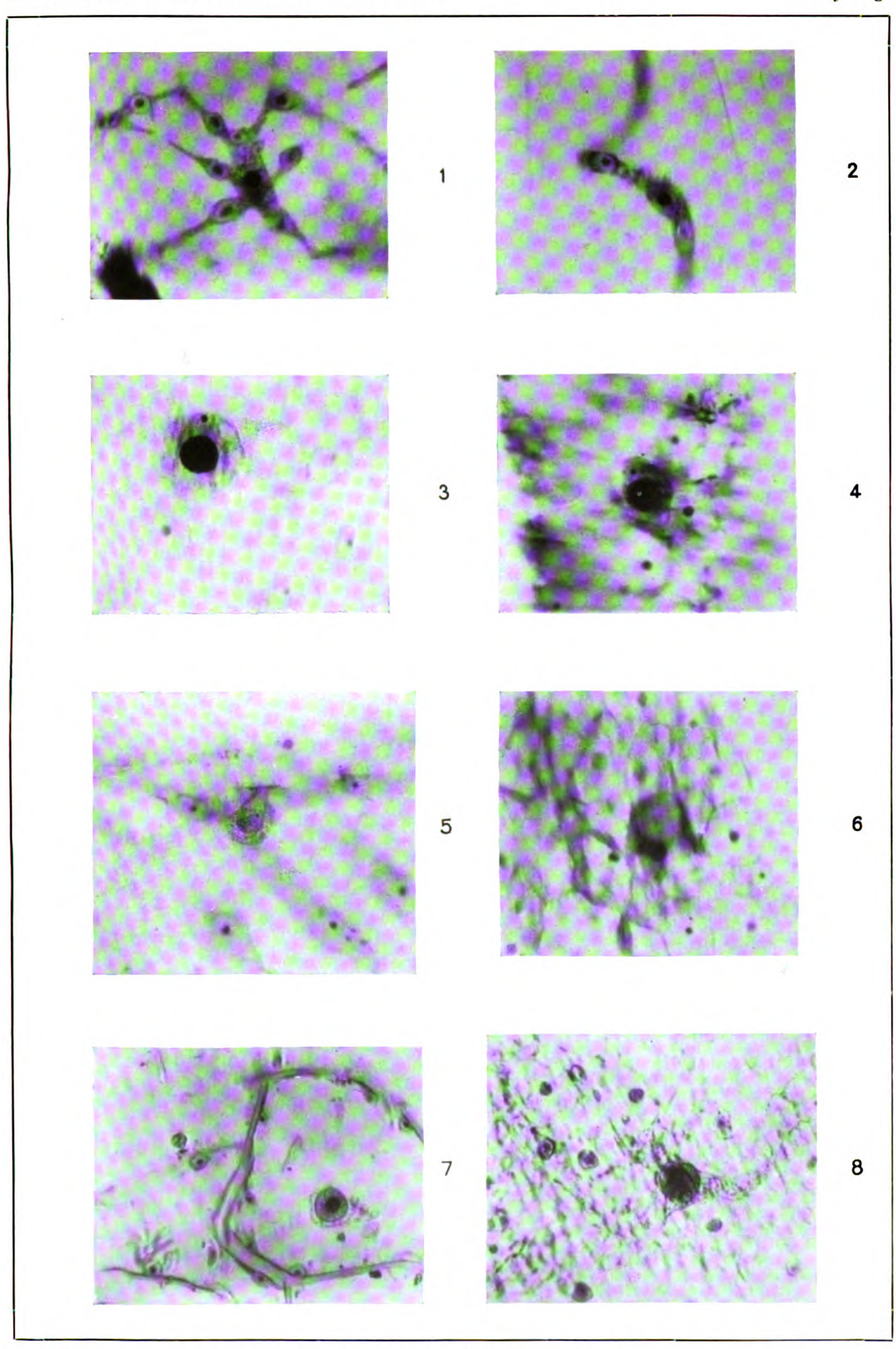
Verlag von Gustav Fischer


3
5
6
a
7
b
8
11
12
13
22
25
a
b
c
d
e
f
g
23
a
b
24
a
b
c
26
a
b
c
d
e
30
a
b
31
b
a
32



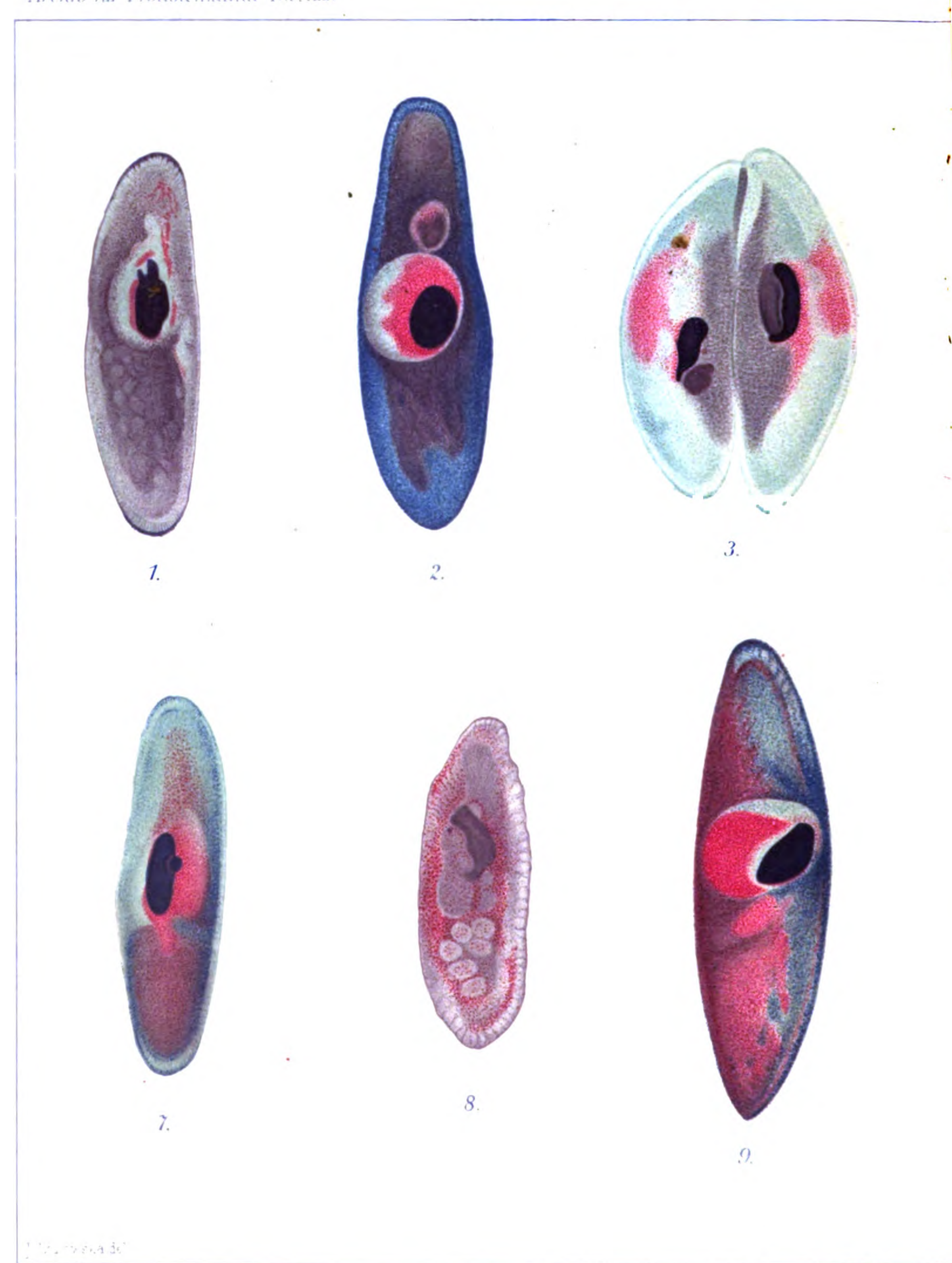
Czurda.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.



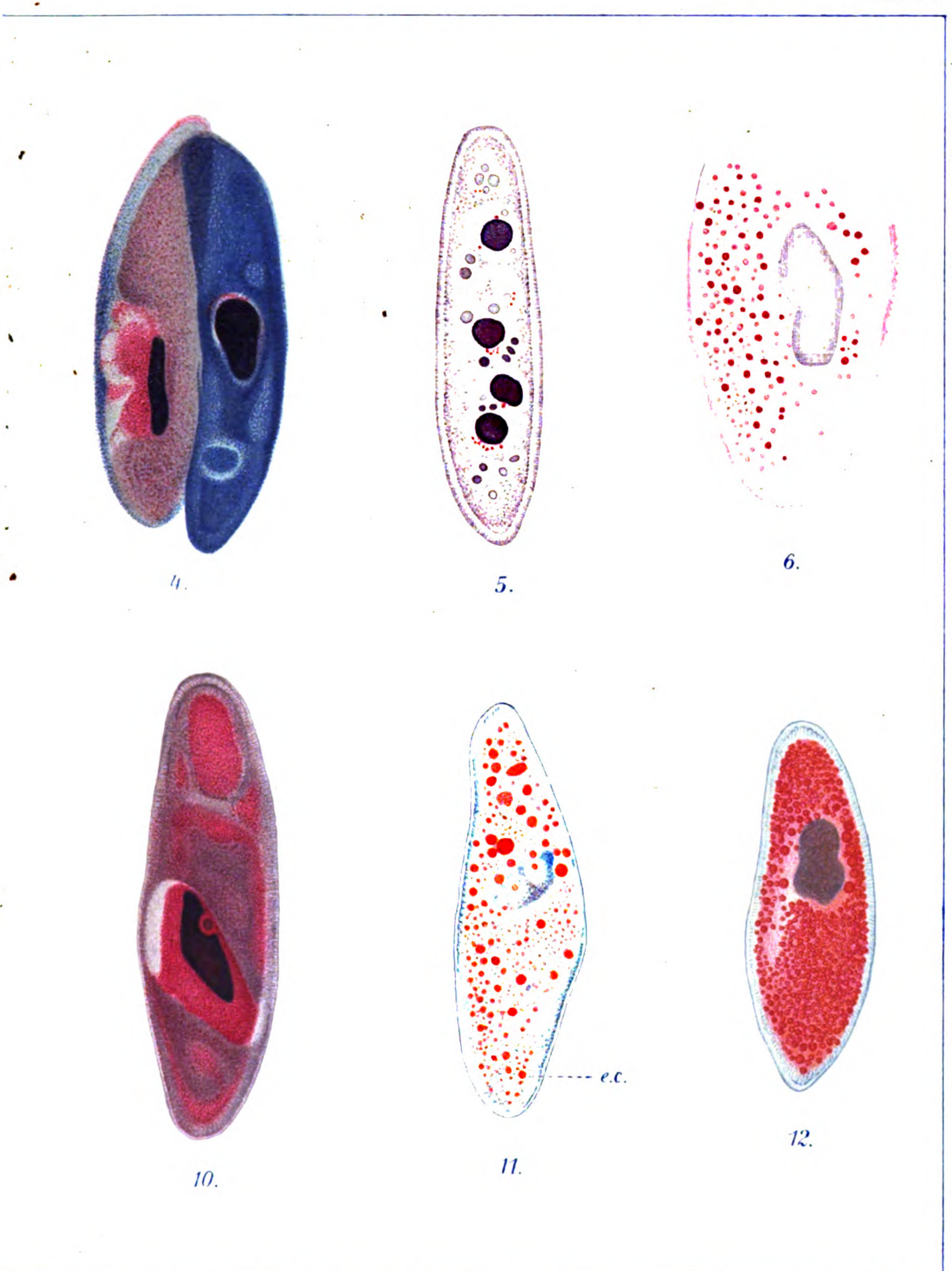
Czurda.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.



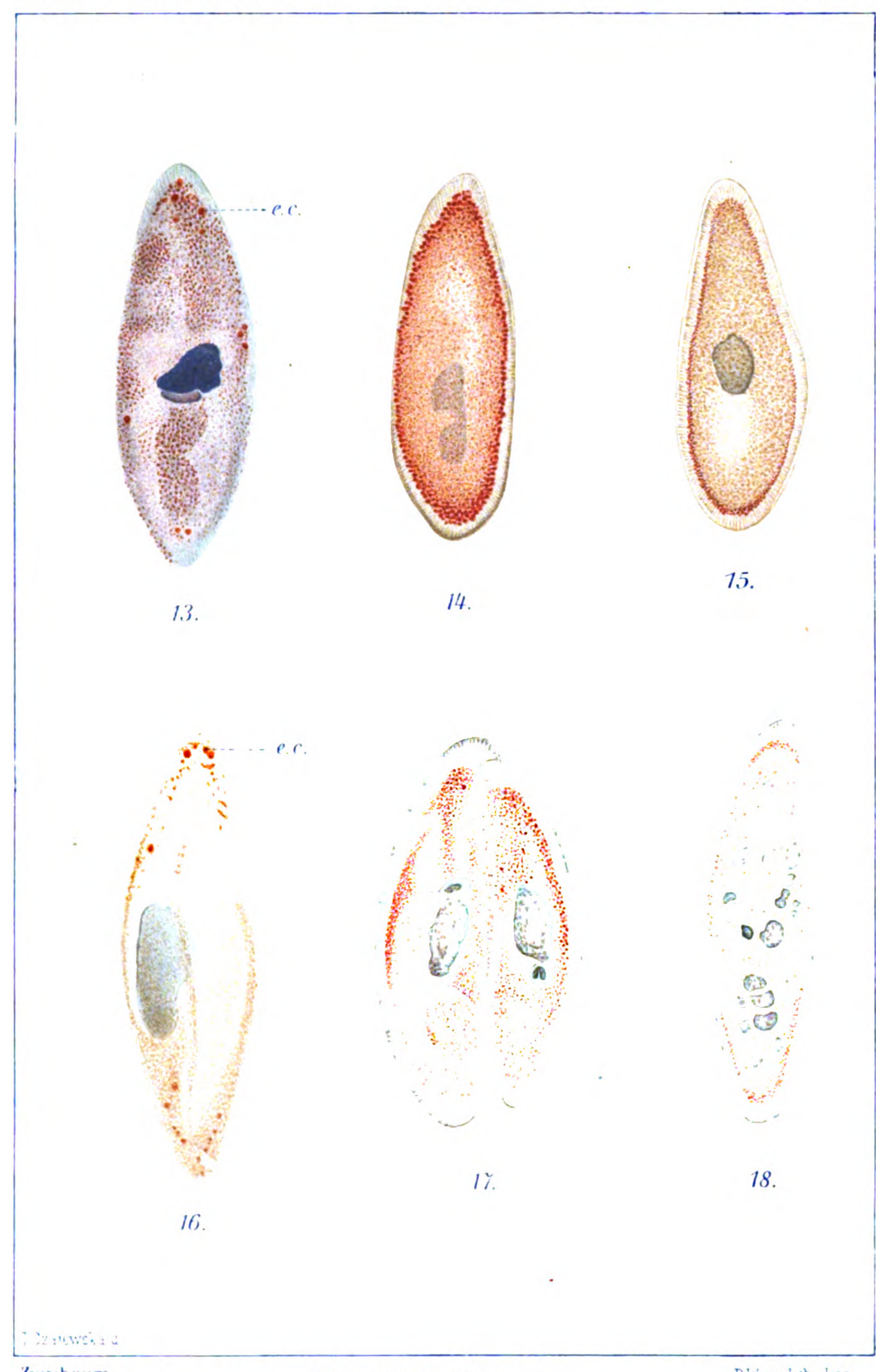
Zweibaum.

Verlag von Gustav



Fischer in Jena

P. Weise Lith., Jena



Zweibaum.

Verlag von Gustav Fischer in Jena

P. Weise Lith., Jena



